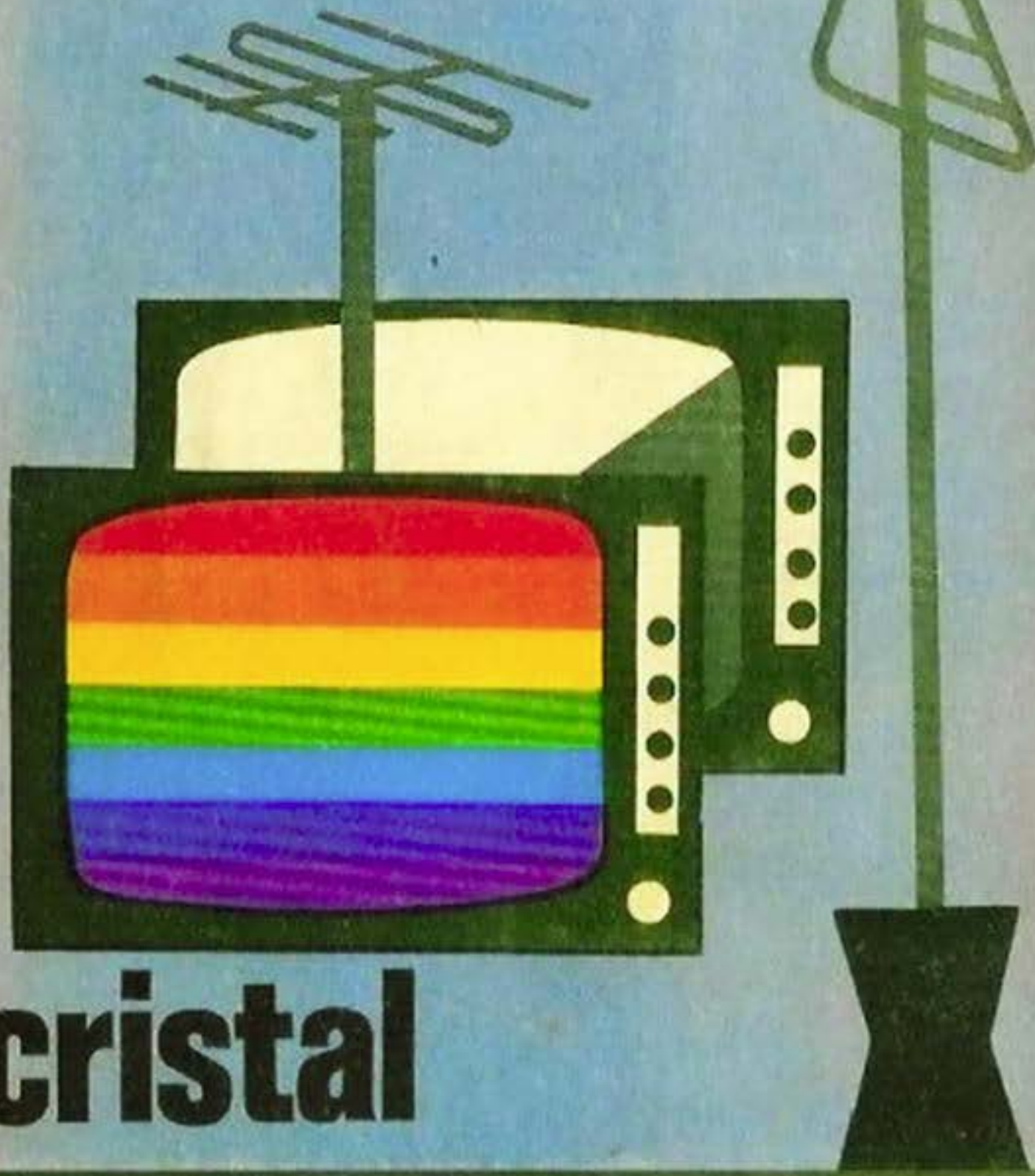
vasile văcaru



colecția cristal

ALB-NEGRU ȘI CULOARE ÎN TELEVIZIUNE

EDITURA ALBATROS

CUVÎNT ÎNAINTE

Într-un veac al superlativelor, puține sînt invențiile ce rezistă probei timpului. Televiziunea se află printre ele. Și ea este un copil teribil al secolului nostru, secol botezat pe rînd al atomului, al electronicii, al cosmonauticii, al laserului, al biologiei etc.

Dar, ca mai toți noii veniți, televiziunea nu este prea bine cunoscută deși ar trebui, fie și numai pentru că din orele celui de al treilea opt cîteva i le afectăm ei. Îi vom urmări scurta istorie (cineva spunea că „avem aceeași vîrstă și ca telespectatori și ca astronauți"), încercînd totodată să înțelegem ce se ascunde într-unul dintre cele mai ingenioase aparate — televizorul. Televiziunea are în componență elemente a căror înțelegere, la prima vedere , nu este la îndemîna tuturor. În schimb, urmașilor noștri le vor deveni tot atît de familiare poate ca și... roata. În prezentarea lor aveam de ales două căi. Una, poate cea mai comodă, ar fi dus la structurarea rigidă a materialului după o schemă care ar fi putut să arate astfel: istorie — noțiuni introductive — fondul problemei — concluzii — cuprins.

A doua soluție încearcă intercalarea noțiunilor de bază în firul istoric. Astfel poate fi evidențiată atît noutatea tehnică a unei invenții, ceea ce aduce ea în plus față de precedenta, cît și urmările aplicării sau neaplicării ei în radiotehnică, televiziune, în electronică

în general. Nouă sau nu, soluția a doua a fost adoptată cu credința că va fi mai apropiată, mai accesibilă cititorilor. Atragem acum atenția, aici, că partea afectată televiziunii în culori poate părea mai greoaie, mai complicată. Impresia se poate datora, pe de o parte, faptului că într-un spațiu restrîns sînt amintite probleme despre care se pot scrie tomuri întregi. Pe de altă parte, impresia poate fi confirmată de noutatea subiectului și, implicit, de lipsa lucrărilor de informare în acest domeniu. Cum perspectiva se arată mai mult decît îngăduitoare cu televiziunea în culori, sperăm că, încercînd să explicăm prezentul (televiziunea în alb-negru), aducînd în discuție și trecutul, ignorat pînă acum, am creat o solidă punte de legătură cu viitorul (televiziunea în culori). Măsura reușitei o va constitui ecoul pe care cartea de față îl va stîrni în rîndul cititorilor.

AUTORUL

I. NU NUMAI ISTORIE

De la început pînă la telegraf

Socotindu-și vîrsta doar în decenii, televiziunea, ca mijloc de comunicare, începe, de fapt, cu dorința de milenii a oamenilor de a putea comunica la distanță simplu și eficient. Evidențiind marile etape ale drumului parcurs pînă la „vederea la distanță", este firesc să ne întrebăm care a fost prima etapă și cînd a început ea. Cum istoricii sînt unanimi în a recunoaște că oamenii au comunicat între ei mai întîi prin semne, putem încerca să-i dăm vîrsta... începutului.

Comunicarea la distanțe mari ar putea începe cu focurile aprinse de strămoșii noștri pe înălțimi sau cu sunetul tam-tamurilor triburilor africane.

Organizarea în transmiterea știrilor însă se pare că a apărut atunci cînd regele persan Darius a înființat la răspîntiile drumurilor „stațiile cu strigători".

Primul sistem eficient de comunicare la distanță este realizat abia în 1794 de către francezul Claude Chappé, care instalează pe o distanță de aproape 225 km, între Lille și Paris, o linie telegrafică. Pe înălțimi vizibile dintr-un loc în altul erau instalați stîlpi, fiecare fiind prevăzut cu cîte o traversă mobilă, la extremitățile căreia erau fixate alte două bare. Manevrarea lor cu ajutorul unor frînghii permitea formarea a peste 250 de figuri reprezentînd tot atîtea simboluri. Un anumit mesaj ajungea la destinație astfel destul de rapid. În 1845, rețeaua telegrafică franceză ajunsese la o lungime de aproape 5 000 km. Deși funcționarea sa era condiționată de vizibilitatea directă (de vreme), triumful „telegrafului paiață", cum fusese poreclit de ziariști, a fost facilitat nu atît de simplitatea și robus-

tețea sa, cît și de faptul că, pe atunci, alte soluții prezentate erau ceva mai complicate, mai scumpe și cu o siguranță în funcționare mai mică.

Primele experiențe ale electricienilor porneau de la fenomenul de atracție sau de respingere a corpurilor electrizate (necesitînd, pentru distanțe mari, potențiale destul de ridicate). O astfel de experiență este cea a fizicianului francez Georges Lesage, care, prin 1774, preconiza un telegraf electrostatic. Fiecărei litere a alfabetului îi corespundea un fir conductor care la capătul dinspre recepție avea o bobiță de soc. Distanța dintre bobiță și fir era în așa fel aleasă, încît, atingînd un fir cu o baghetă electrizată, bobița era respinsă sau atrasă, după natura electrizării. Mișcarea unei anumite bobițe indica litera transmisă. Rămasă în stadiul de experiență, de altfel ca și alte încercări bazate pe același principiu, încercarea lui Lesage deschidea o nouă perspectivă pentru comunicațiile la distanță: *folosirea curentului electric*. De fapt, cu 20 de ani înainte, în 1753, în Scoția, un autor rămas necunoscut propunea un sistem asemănător de transmitere la distanță a literelor. Publicată într-unul din ziarele londoneze de mare tiraj, scrisoarea, semnată W.M., a însemnat poate mai mult decît patentarea invenției; ea reprezenta punctul de plecare al cercetărilor ulterioare ale multora dintre fizicienii timpului, făcînd din ideea transmiterii la distanță pe cale electrică un subiect de studiu preferat. Amintim și încercarea din 1809 a doctorului S.T. Sömmering, de transmitere a literelor cu ajutorul unui telegraf electrochimic. Un vas, plin cu apă acidulată, era străbătut de 29 conductori (27 pentru litere, unul pentru punct și celălalt pentru un semn de repetiție) puși în legătură cu o pilă electrică. La închiderea circuitului pe traseul unui conductor, și anume la capătul din vasul cu apă al conductorului, se degajau bule de gaz, indicînd (astfel) litera transmisă. După ce a redus numărul conductorilor de la 29 la 8, în 1812 a reușit să realizeze transmisii pînă la 4 km depărtare. După un an, împreună cu alți doi reputați fizicieni ai timpului, J.S. Chr. Schweigger și P.L. Silling, Sömmering a reușit să reducă numărul de conductori de la 8 la unul singur, simplificînd foarte mult instalația și, implicit, reducîndu-i costul. Aparatul nu a fost adoptat deoarece telegraful lui Chappé, deja instalat, cu toate că funcționa mai încet decît cel electric, necesita cheltuieli mai mici.

Alte cîteva construcții, din perioada de glorie a telegrafului lui Chappé, se bazau pe fenomenul descoperit în 1820 de fizicianul danez Hans Christian Oersted[1], și anume devierea acului magnetic plasat în apropierea unui conductor prin care trecea un curent electric. Un asemenea aparat, a fost construit de fizicianul rus P.L. Silling, și cuprindea, la început, 6 perechi de ace magnetice, apoi una singură, reușind să scoată în evidență 36 de unghiuri de deviație diferite. Fiecărui unghi de deviație îi corespundea un anumit semn. Se realiza astfel, relativ simplu, transmiterea unui mesaj a cărui descifrare era, în schimb, destul de complicată. Instalat pe cîteva linii în Rusia, sistemul a rămas în același stadiu din cauza morții inventatorului și a fost abandonat la scurt timp după aceea.

Apariția electromagnetului (datorat ca realizare practică lui W. Sturgeon, în 1825) i-a permis, în 1843, lui Samuel Morse[2], pictor intrat în istorie cu laurii unui fizician de geniu, să inventeze dispozitivul pe cît de simplu pe atît de robust, ieftin și ușor de manipulat, cunoscut sub numele de telegraful lui Morse. Utilizînd codul cu același nume, în scurtă vremă telegraful lui Morse s-a răspîndit pe întreg globul. Succesul s-a datorat atît calităților sale intrinseci cît și faptului că investițiile pentru instalarea unor linii cu un singur conductor erau mici iar personalului de exploatare nu i se impuneau cunoștințe deosebite.

---

[1] OERSTED, Hans Christian (1777–1851), fizician danez. Realizează prin experiența sa din 1820 prima descoperire din domeniul electromagnetismului.

[2] MORSE, Samuel Finley Bresse (1791–1872), inventator american. A brevetat în 1840 aparatul electromagnetic pentru telegrafie și alfabetul care îi poartă numele.

Un pas înainte în acest domeniu l-a însemnat telegraful imprimat al profesorului american D.E. Hughes[1], patentat în 1855 la 11 ani după instalarea liniei telegrafice Washington-Baltimore. Permiţînd şi transmisiuni mult mai rapide, înlăturînd punctele şi liniile alfabetului Morse, prin imprimarea literelor obişnuite pe banda de hîrtie, aparatul lui Hughes s-a impus destul de repede, ajungînd, în urma a numeroase perfecţionări, la telexul de astăzi.

Astfel, telegraful lui Morse şi apoi cel al lui Hughes inaugurase, în prima jumătate a veacului trecut, „era" cuvîntului transmis la mari depărtări, dar scris încă pe banda de hîrtie. Gazetele timpului, deşi beneficiare ale acestor invenţii, se întreceau în a însera în coloanele lor şarje amicale la adresa acestora. Una dintre cele mai gustate anecdote din perioada anilor 1860—1875 avea drept eroi doi fraţi care plecaseră în Algeria în vederea cumpărării unui domeniu. Neajungîndu-le banii, convenişă ca unul dintre ei să plece în Franţa pentru a cere un împrumut tatălui, urmînd să anunţe acordul acestuia transmiţînd telegrama: „Père décidé" (tata a decis). Afacerea proiectată a căzut întrucît fratele aflat în Algeria, primind telegrama „Père décédé" (tata a murit), a părăsit în grabă Algeria.

Invenţia lui Samuel Morse punea capăt nu numai unor cercetări de mai bine de o jumătate de secol, dar şi unor nevoi şi dorinţe de milenii. În acelaşi timp deschidea căi noi în transmiterea semnalelor la distanţe mari.

Imagini statice la distanţă

Pasul următor făcut în telecomunicaţii a fost acela al transmisiunii imaginilor statice. Este ceea ce a realizat abatele italian Giovanni Caselli cu invenţia sa,

[1] HUGHES, David Edward (1831—1900), fizician american de origine engleză. A inventat sistemul de telegrafie care-i poartă numele (1855) şi un microfon cu cărbune (1878).

brevetată în anul 1856. După studii teologice şi ştiinţifice (chimie, fizică), a început prin a fi profesor la un colegiu din Parma. Expulzat în 1849, din motive politice, s-a stabilit ca profesor la Universitatea din Florenţa. Preocupat de îmbunătăţirea performanţelor telegrafului (idee foarte la modă în lumea inginerilor electricieni şi a fizicienilor timpului), a editat un ziar de informare ştiinţifică „La Ricreazione", în care şi-a făcut cunoscute ideile sale, devenind astfel vestit. Cu ajutorul celebrului electrotehnician Gustave Froment (1815—1865), a pus la punct, în această perioadă, un aparat denumit pantelegraf, însemnînd „telegraful care transmite tot". Desenul de transmis, scris cu cerneală izolantă pe o plăcuţă metalică plasată pe cilindrul metalic de la emisie, era explorat de un vîrf metalic ascuţit. Circuitul se întrerupea pe porţiunile scrise. Transmise pe linia telegrafică, acestea realizau la recepţie, pe o hîrtie impregnată cu ferocianură de potasiu, plasată pe cilindrul rotit în sincronism cu cel de la emisie, un desen identic cu cel iniţial. Simplu ca principiu, aparatul cuprindea la emisie un mecanism de ceasornic al cărui balansier, lung de 25 cm, bătea jumătatea de secundă. La fiecare oscilaţie completă acţiona un mic resort care închidea circuitul unei pile electrice. Se obţinea în acest mod un impuls de curent cu ajutorul căruia se realiza sincronizarea rotirii cilindrilor suporţi de la emisie şi recepţie.

O linie telegrafică, utilizînd invenţia abatelui Caselli, a fost instalată între Paris şi Lyon şi prelungită apoi pînă la Marsilia. Inaugurată la 16 mai 1865, aceasta avea să fie abandonată după 1871 deoarece fusese deteriorată în cursul evenimentelor care avuseseră loc în acea perioadă. Cu pantelegraful lui Caselli sînt cîştigate definitiv două dintre ideile de bază ale televiziunii moderne.

Prima, explorarea imaginilor formate din puncte elementare linie cu linie şi transmiterea unor semnale corespunzătoare, calificată de istorici ai televiziunii ca fiind genială, aparţine de fapt englezului Alexander Bain (1811—1877). În 1843, acesta breveta invenţia

unui aparat numit teleautograf. Imaginea era explorată de la stînga spre dreapta, după linii destul de apropiate și pentru ca ea să nu apară liniată (așa cum apare la televizoarele moderne cu ecrane mari, mai ales cînd se privește din apropiere) era necesar un număr cît mai mare de asemenea explorări pe secundă, ceea ce implica mărirea vitezei dispozitivului de explorare. Numărul de linii în care se descompunea imaginea fiind destul de mare, asigura ceea ce numim acum „o bună finețe" (definiție) a imaginii.

A doua idee, nu mai puțin valoroasă decît prima, aceea a sincronizării perfecte între mecanismele de la emisie și cele de la recepție, fusese, ca și prima, enunțată cu cîțiva ani mai înainte. În 1848, tot un englez, Backewell, breveta o invenție asemănătoare și ca principiu și ca nume cu cea a lui Bain — teleautograf. Deveniți rivali, cei doi englezi își dispută însă doar întîietatea utilizării hîrtiei acoperite cu ferocianură de potasiu. Televiziunea de mai tîrziu nu a reținut obiectul disputei lor ci cîte o idee prețioasă de la fiecare. Abatele italian are meritul realizării practice a unui sistem în care ambele idei erau alăturate în modul cel mai fericit.

Vom devansa puțin ideile pentru a lămuri, de la început, ce se înțelege în televiziunea modernă prin *explorare*. Acest „salt" peste ani se justifică prin faptul că explorarea este unul din fenomenele de bază ale transmisiunii imaginilor, fie ele statice, fie în mișcare. Din punctul de vedere al ochiului, orice imagine poate fi considerată ca fiind constituită dintr-o multitudine de suprafețe elementare, fiecare avînd o anumită strălucire. Noi le vom asimila unor minuscule pătrate și chiar dacă în realitate ar fi așa, ochiul, datorită capacității sale de separare limitată, nu ar sesiza acest lucru. Fiecare pătrat, denumit element de imagine, trebuie „citit", adică trebuie văzut care este gradul său de strălucire. Operația și-ar putea găsi un echivalent în citirea propriu-zisă. Pagina unei cărți este alcătuită dintr-un număr oarecare de rînduri (linii), fiecare rînd fiind alcătuit din litere grupate în cuvinte mai mari sau mai mici. Citirea debutează din colțul din stînga de

sus al paginii, parcurgînd cu privirea fiecare rînd al paginii, oprindu-ne, chiar dacă ni se pare că nu, asupra fiecărei litere. La sfîrșitul rîndului, automat, privirea parcurge drumul înapoi, înspre începutul unui nou rînd, și așa pînă cînd se termină pagina. Cu fiecare pagină nouă procesul este reluat. În cazul unei imagini, lucrurile se petrec aproape în același fel numai că în locul diferitelor litere avem elemente de imagine cu străluciri mai mari sau mai mici. Trebuie analizat fiecare element de imagine într-o ordine determinată (ordinea normală a citirii obișnuite) și, ceea ce este mai important, cu o viteză determinată. Evident, nu ochiul va fi elementul care va analiza gradul de strălucire pentru a se putea face transmisiunea informațiilor obținute. Așa cum vom vedea, s-a ajuns destul de greu la concluzia potrivit căreia singurul capabil să realizeze „citirea" elementelor de imagine (o vom numi explorare) este un fascicul de electroni. Acum, se știe că trebuie îndeplinite anumite condiții, cele mai importante fiind următoarele:

— fasciculul să treacă o singură dată în timpul unui ciclu prin toate punctele imaginii;

— să se revină la intervale de timp egale asupra fiecărui element de imagine.

Explorarea trebuie făcută cu viteză mare pentru a nu da ochiului posibilitatea să „înțeleagă" că a fost „mințit", că explorarea imaginii nu se face continuu ci discret, prin descompunerea ei în suprafețe elementare. În plus, pentru a nu pierde detaliile imaginii, numărul elementelor de imagine trebuie să fie cît mai mare. Rezultă necesitatea descompunerii imaginii într-un număr cît mai mare de linii. Televiziunea modernă folosește descompunerea în 625 de linii de explorare. Cu cît numărul lor crește, cu atît finețea imaginii este mai mare. Televiziunea în alb-negru din Franța utilizează un standard cu 819 linii, pe cînd cea din S.U.A. 525 de linii.

O altă cerință este legată de continuitatea mișcărilor. De la cinematograf se știe că trebuie să-i oferim ochiului un număr de cel puțin 20 imagini pe secundă pentru a reda mișcarea cît mai natural. În perioada filmului

mut, prin fața ochiului se perindau doar 16 imagini pe secundă, de unde și „graba" nefirească, uneori comică a protagoniștilor filmului. Astăzi a fost adoptat un număr de 24 imagini pe secundă pentru a se asigura o oarecare compatibilitate între televiziune și cinematografie. În perioada de început a realizării instalațiilor de televiziune s-a constatat că dacă numărul de imagini oferite ochiului într-o secundă coincide cu frecvența curentului alternativ industrial (50 Hz aproape în toate țările lumii, 60 Hz în S.U.A.), realizarea practică a dispozitivelor de emisie și de recepție este mai simplă.

Căutînd analogia *explorării liniar progresive* a imaginii de televiziune cu citirea propriu-zisă, am putea spune că, în mare, o imagine de televiziune poate fi asemănată unei cărți (o carte cu 50 de pagini, fiecare pagină avînd 625 de rînduri). Evident, referindu-ne la conținut, analogia ne apare puțin forțată. Informația cuprinsă într-o carte diferă total de la o pagină la alta. O imagine, într-o secundă, își modifică foarte puțin elementele, astfel că fiecare „pagină" (cadru) conține cam aceleași date ca și precedenta. Important este faptul că trebuie „citită" într-o secundă. La prima vedere, cel mai convenabil mod de explorare a imaginii este cel care copiază citirea propriu-zisă, numită explorarea liniară progresivă. În fig. 1 se vede că fasciculul

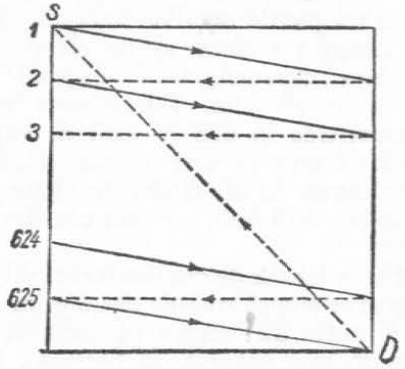


Fig. 1

de electroni începe explorarea din colțul din stînga de sus *S*, parcurgînd într-un timp foarte scurt prima linie (linia plină), după care se reîntoarce în partea din stînga (linia întreruptă) pentru a parcurge linia a doua. După explorarea ultimei linii (a 625-a) fasciculul se reîntoarce rapid, pe drumul cel mai scurt (dreapta punctată *D-S*) pentru a reîncepe procesul. Acest mod de explorare necesită pentru transmitere un semnal cu o frecvență foarte mare și aceasta este normal, întrucît trebuie transmise informații despre strălucirea a circa 520 000 de elemente de imagine. Se poate demonstra că frecvența semnalului purtător de informații trebuie să fie de 13 MHz (adică 13 milioane de hertzi).

La o valoare atît de ridicată, dificultățile tehnice și economice legate de realizarea mijloacelor de comunicație sînt foarte mari. Există posibilitatea reducerii frecvenței maxime la jumătate, fără a reduce calitatea imaginii transmise. Se recurge în acest caz la așa-numita *explorare liniară întrețesută*. Ideea aparține germanului Fritz Schröter (1926), dar a fost pusă în practică, după aproape două decenii, de către inginerul francez Pierre Toulon. În cazul acestui sistem de explorare se păstrează principiul general de „citire" a imaginii după linii, începînd din colțul din stînga sus, dar se recurge la un artificiu, liniile nu sînt explorate una după alta ci alternativ. Se explorează prima linie, apoi a treia, a cincea etc., deci liniile impare. Explorînd imaginea numai pe jumătate vom denumi ansamblul *semicadru* sau *cîmp impar*. Fiecare cîmp al unei imagini de televiziune are deci $\frac{625}{2} = 312{,}5$ linii. Mișcarea fasciculului urmează liniile impare, apoi, pe cel mai scurt drum, fasciculul se întoarce în partea de sus, începînd explorarea liniilor pare. Rezultă *semicadrul* sau *cîmpul par*. În exemplul nostru, o imagine este formată din 50 de semicadre sau cîmpuri, din a căror întrețesere rezultă 25 de cadre complete cu 625 de linii. Este ca și cum imaginea ar fi explorată liniar progresiv de 25 de ori pe secundă. Se poate deduce ușor și unul dintre motivele pentru care în cinemato-

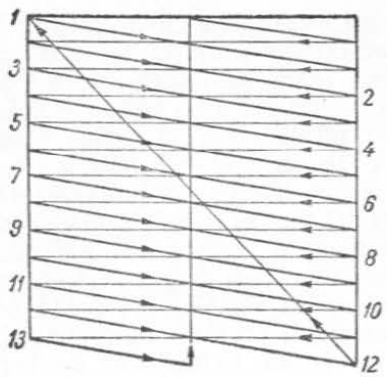


Fig. 2

grafie a fost adoptat un număr de 24 de cadre pe secundă. În fig. 2 este ilustrat principiul explorării întreţesute pentru 13 linii (număr impar, ca şi 625).

Frecvenţa maximă a semnalului video este şi ea redusă la jumătate, fiind egală cu 6,5 MHz.

Desigur, mijloacele mecanice cu care se realiza explorarea, ca şi procedeele electrochimice de obţinere a imaginilor la recepţie, nu puteau asigura nici recepţii de calitate, nici costuri satisfăcătoare. A trebuit ca hazardul să vină încă o dată în ajutorul tehnicii (pentru întîia oară în televiziune), indicînd un nou material cu proprietăţi deosebite, capabil a fi utilizat în construcţia a ceea ce s-a numit, mai tîrziu, un adevărat „ochi electronic".

Hazard şi ştiinţă

Descoperirea proprietăţilor seleniului de a-şi modifica rezistenţa sub influenţa luminii a fost făcută întîmplător. Telegrafistul de serviciu al staţiei terminale a cablului Europa—America, situată pe coasta estică a Islandei, a observat că transmisiunile sînt influenţate de o baghetă de seleniu expusă la soare. Cîteva experimentări au fost suficiente pentru a-i forma convingerea că rezistenţa seleniului este cu atît mai mică cu cît cade pe el o cantitate mai mare de lumină. Iată deci

că în elementul cu conductibilitate mediocră aproape ignorat pînă atunci, descoperit de Jacob Berzelius[1] în 1817, se găsea mijlocul care, de bine de rău, putea transforma semnalele luminoase în semnale electrice. Nu se cunoşteau însă cauzele şi, mai ales, nu se bănuiau consecinţele acestui fapt. Observat mai tîrziu şi de Heinrich Hertz[2], efectul, numit de această dată fotoelectric, a fost studiat de numeroşi oameni de ştiinţă. Primul dispozitiv, posedînd caracteristici de celulă fotoelectrică, este cel construit de fizicianul rus A.G. Stoletov, deşi prima celulă fotoelectrică adevărată este considerată construcţia fizicienilor olandezi J. Elster şi H. Geitel din 1889. Nu vom examina construcţia şi funcţionarea vechiului dispozitiv al olandezilor, ci o celulă fotoelectrică modernă, deoarece, în linii mari, principiile s-au păstrat aceleaşi. Un balon de sticlă vidat conţine cei doi electrozi: anodul *A* şi catodul *C*. Un inel metalic plasat în centrul tubului reprezintă anodul (fig. 3) care se conectează la polul pozitiv al sursei de alimentare. Catodul se realizează prin depunerea unui strat metalic fotosensibil (de obicei metale alcaline: sodiu, potasiu, cesiu) pe o porţiune a peretelui tubului. Un terminal metalic în legătură cu această „pată" fotosensibilă face posibilă conectarea sa la polul negativ al sursei de alimentare. În procesul de fabricaţie se înnegreşte balonul creînd o ferestruică în dreptul catodului prin care pătrund razele de lumină. Cînd pe catod cade un flux luminos sînt emişi fotoelectroni. Anodul fiind conectat la polul pozitiv colectează electronii, iar prin circuitul exterior trece un curent electric indicat de microampermetru. Intensitatea acestui cu-

[1] BERZELIUS, Jöns Jacob (1779—1848), celebru chimist şi mineralog suedez, unul dintre creatorii chimiei moderne. A descoperit numeroase elemente (seleniul, siliciul, toriul, titanul) şi a introdus, în chimie, notaţiile prin simbolul chimic.

[2] HERTZ, Heinrich (1857—1894), celebru fizician german. A descoperit existenţa undelor electromagnetice. A stabilit influenţa luminii ultraviolete asupra descărcărilor electrice, iniţiind studiul efectului fotoelectric.

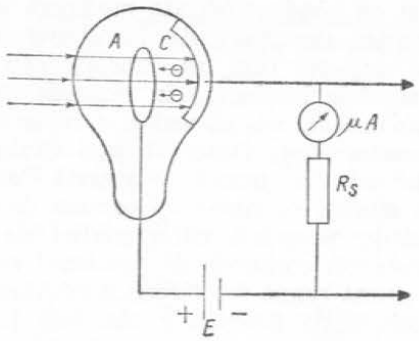


Fig. 3

rent fiind extrem de mică, se prevede în circuitul exterior și o rezistență R_s de valoare mare de pe care se culege o tensiune aplicată apoi unui amplificator.

Modul de producere al curentului electric în celulele fotoelectrice a fost explicat în 1890, dar abia în 1905, pe baza teoriei cuantelor, marele fizician Albert Einstein[1] stabilește legile care guvernează efectul fotoelectric. Cu acest prilej, Einstein rezolvă și una dintre dilemele fizicii de la începutul veacului. Experimentatorii stabiliseră deja că numărul de electroni emiși sub acțiunea luminii (adică intensitatea curentului) este proporțional cu fluxul de energie luminoasă. Este prima lege a efectului fotoelectric și exprimă faptul că fotocatodul se conformează „comenzii" primite (emite mai mulți electroni cînd îi transmitem mai multă lumină).

În general, electronii primesc mai multă energie decît le-ar trebui pentru a părăsi fotocatodul. Surplusul se transformă în energie cinetică a acestora. Se constatase însă că, oricît crește fluxul de energie luminoasă,

[1] EINSTEIN, Albert (1879—1955), celebru fizician german, stabilit din anul 1933 în S.U.A. A pus bazele teoriei relativității restrînse (1905) și a teoriei relativității generalizate (1916). De asemenea, a elaborat teoria mișcării browniene, a explicat efectul fotoelectric, a explicat acțiunea chimică a luminii, căldura specifică a solidelor. A primit în 1921 Premiul Nobel pentru fizică.

energia cinetică a electronilor emiși rămîne constantă, crescînd doar numărul lor. Un curios a schimbat culoarea luminii incidente. Rezultatul a fost surprinzător. Pentru același fotocatod iluminat cu *un flux de aceeași intensitate* dar de culori diferite numărul de electroni era același, în schimb creștea energia lor cinetică. Pentru un fascicul de lumină de culoare roșie, energia cinetică este mică, iar pentru unul albastru mai mare. În schimb, pentru o anumită valoare a lungimii de undă (numită „de prag") fenomenul de emisie fotoelectronică nu se mai produce. Energia cinetică a electronilor emiși este proporțională cu frecvența luminii, reprezentînd a doua lege a efectului fotoelectric. În conformitate cu teoria ondulatorie a luminii, prin care s-a încercat interpretarea efectului fotoelectric, unda se propagă continuu și cu ea și energia luminoasă. Deci electronul poate primi de la lumină oricîtă energie. O parte s-ar consuma pentru „fuga" din metal (energie de extracție), iar restul ar rămîne ca energie cinetică care ar trebui să crească atunci cînd crește intensitatea fluxului. Conform acestui raționament, frecvența luminii nu ar avea nici un rol în producerea efectului fotoelectric. Am văzut însă că nici într-un caz, nici în celălalt, nu este așa.

Einstein a pornit de la teoria lui Planck[1], care arăta că emisia energiei luminoase se face discontinuu, în cantități bine determinate, numite cuante de energie (egale cu produsul dintre frecvența luminii și o constantă numită constanta lui Planck) cu atît mai mari cu cît este mai mare frecvența luminii. El a arătat că *numărul* electronilor crește cu mărirea intensității fluxului luminos deoarece crește *numărul* de cuante. Un electron poate primi doar energia unei cuante. Cînd energia este mai mare (deci *frecvența luminii mai mare*) *și energia cinetică crește*. Astfel a fost explicat „misterul" curentului fotoelectric.

[1] PLANCK, Max (1858—1947), fizician german. A pus bazele teoriei cuantelor (1900).

Utilizarea celulei fotoelectrice în încercările de realizare a unui dispozitiv de transmitere a imaginilor cu o finețe mare datează din 1878. Este anul cînd francezul Payve propune un sistem în care se transmit succesiv, pe două fire, impulsuri electrice avînd intensitatea proporțională cu gradul de iluminare a fiecărui element al imaginii de transmis. Sistemul reprezintă, de fapt, o reluare a ideii fizicianului american G.P. Carey de a realiza, la emisie, un sistem de descompunere a imaginii asemănător retinei ochiului. Corectă, propunerea lui Payve nu a putut fi realizată din cauza lipsei mijloacelor tehnice corespunzătoare (ar fi trebuit cîte două fire pentru fiecare element de imagine, deci un număr extrem de mare pentru a putea asigura o imagine acceptabilă). Să remarcăm totuși saltul calitativ al ideilor despre ceea ce acum denumim televiziune: trecerea de la mijloacele mecanice către cele electrice.

Descoperirea fotosensibilității seleniului a deschis un nou cîmp în fața curiozității cercetătorilor. Încercărilor de utilizare a seleniului la transmiterea imaginilor statice le sînt asociate cele de transmitere a sunetelor. Extrem de interesantă, prefigurînd parcă actuala utilizare a laserului în telecomunicații, este propunerea creatorului telefonului, fizicianul american Graham Bell[1]. În 1878 Bell propune utilizarea seleniului în construirea unui telefon fără fir, denumit de el fotofon. La emisie era prevăzută o sursă de lumină (soare sau arc electric) ale cărei raze cad pe o plăcuță metalică subțire, foarte fin polizată. Vorbind în fața plăcuței, vibrațiile acesteia realizează o modulare a fasciculului de lumină incident. După reflecția pe două oglinzi parabolice, așezate față în față (fig. 4), fasciculul de lumină cade pe o plăcuță de seleniu legată în serie cu o pilă electrică și un receptor telefonic. Rezistența variabilă a seleniului determină apariția în circuit a unui curent variabil, transformat în sunete de către recepto-

[1] BELL, Alexander Graham (1847–1922), inginer american, inventator, alături de Philip Reiss și Elisha Gray, al telefonului.

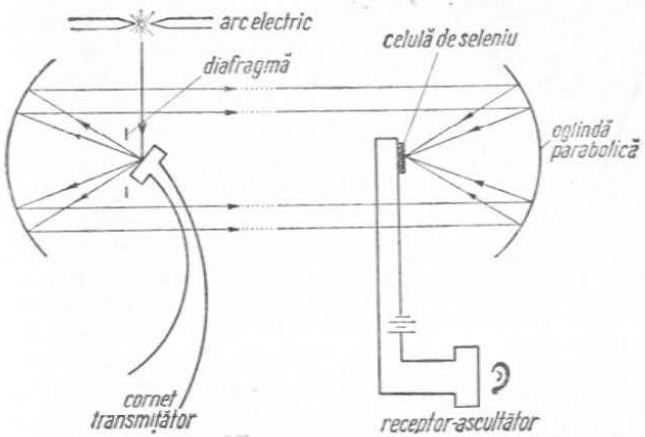


Fig. 4

rul telefonic. Necesitatea reglajelor (extrem de dificile) și a unui teren degajat de orice obstacole, între cele două oglinzi, precum și sunetul foarte slab obținut (toate) au dus la abandonarea cercetărilor în acest domeniu.

Dar Graham Bell nu rămîne în istorie numai pentru realizarea telefonului și propunerea fotofonului. Într-un fel, numele său este legat și de realizarea unui precursor al televiziunii, Constantin Senlecq numit, pe drept cuvînt, de către un istoric francez, „bunicul televiziunii".

Bunicul televiziunii

Constantin Senlecq deschide o nouă etapă a cercetărilor, caracterizată printr-un nou mod de abordare a problemelor, reprezentînd un salt calitativ generat, poate, de victoria asupra imaginilor statice, de existența atîtor invenții în acest domeniu.

Fizician autodidact, notar de meserie, acesta este obligat să facă o călătorie în Anglia în vederea rezolvării unui caz de succesiune. Aici se abonează la celebra

revistă *Scientific American*. Într-unul din numerele revistei descoperă un articol despre telefon. Întîmplarea face ca, în același număr, să fie inserate și unele precizări referitoare la influența luminii asupra conductibilității electrice a seleniului. Simpla asociere a celor două idei — transmiterea sunetului și posibilitatea transformării luminii în semnale electrice — a generat în mintea fizicianului pe cea de-a treia: *transmiterea imaginilor mobile prin fir*. După cîțiva ani, în 1880, Constantin Senlecq publică rezultatul cercetărilor sale într-o broșură intitulată „Telectroscopul", unde anunță, de fapt, posibilitatea construirii unui dispozitiv care peste decenii s-a numit vidicon. Pe scurt, Senlecq propunea proiectarea imaginii de transmis pe o placă de ebonită în formă de sită, ale cărei orificii erau umplute cu plăcuțe de seleniu legate pe una din fețe la un electrod comun. Pe cealaltă față, fiecare plăcuță era lipită la cîte un fir de cupru legat fiecare la un plot al unui comutator rotativ. Rezulta, prin comutare, un semnal electric a cărui intensitate era proporțională cu iluminarea plăcuței de seleniu corespunzătoare plotului conectat. Se realiza astfel o explorare a imaginii punct cu punct, linie cu linie.

La recepție se preconiza, de asemenea, utilizarea unui comutator rotativ, sincronizat cu cel de emisie, fiecare plot al comutatorului fiind legat la cîte un bec. Iluminarea fiecărui bec era proporțională cu intensitatea semnalului primit, luminînd atîta timp cît era parcurs de curent. Dacă pentru emisie propunerile erau corecte și ar fi putut da rezultate, pentru recepție, dată fiind inerția becurilor la aprindere și stingere ca și valoarea foarte mică a curentului primit, nu s-ar fi putut obține nici o imagine.

Teoretic, în 1880, toate marile principii ale televiziunii erau stabilite. Se știa că imaginea în mișcare trebuie descompusă într-un mare număr de puncte și că fiecărui punct trebuie să-i corespundă un curent electric care să aibă intensitatea proporțională cu luminozitatea sa. Semnalele electrice să fie transmise
 într-un mod oarecare pînă la locul de recepție unde să

fie transformate din nou în puncte luminoase pe un ecran, în aceeași ordine în care au fost explorate. Pentru a da impresia de mișcare, era necesară, la fel ca la cinematograf, proiecția a cel puțin 10 imagini pe secundă (de preferat 20 sau 25).

Constantin Senlecq indicase cele mai bune căi de rezolvare, posibile atunci, pentru mai mult de jumătate din problemele puse în fața cercetătorilor (să remarcăm și o propunere datînd din 1907, de înregistrare a imaginilor mobile pe un fir de cupru, anticipînd actualele magnetoscoape), dar mijloacele tehnice din acea vreme nu permiteau punerea în practică a principiilor teoretice cunoscute.

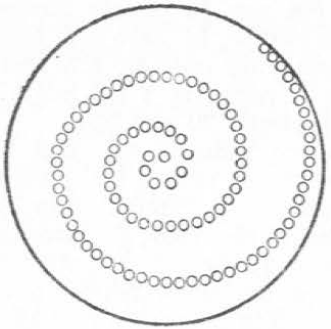
Cu anul 1880 începe, de fapt, transmiterea imaginii mobile, și acesta era țelul televiziunii. Vom părăsi deci urmărirea invențiilor care aveau drept scop transmiterea imaginilor statice, tip document. Sînt, în acest domeniu, invenții multe, unele extrem de interesante nu numai din punct de vedere istoric ci și tehnic, care se utilizează și astăzi.

Vîrsta eroică a televiziunii

Senlecq arătase soluția descompunerii imaginii în puncte, dar metoda optimă de explorare nu era cunoscută. În 1884, studentul german Paul Nipkow[1] obține un brevet pentru un dispozitiv care, timp de cîteva decenii, a fost utilizat în aproape toate instalațiile experimentale de televiziune. Pe cît de simplu pe atît de util în stadiul de atunci al televiziunii, dispozitivul de analiză a imaginilor, cunoscut sub numele de disc Nipkow (fig. 5), asigura nu numai explorarea imaginilor linie cu linie, ci și o oarecare continuitate a mișcării lor prin rotirea sa cu viteza unghiulară dorită.

[1] NIPKOW, Paul (1860—1940), inginer german. Inventatorul dispozitivului optico-mecanic pentru analiza și sinteza imaginii de televiziune (1884), care-i poartă numele (înlocuit astăzi cu sisteme electronice).

Fig. 5



Un disc prevăzut cu orificii de 1 mm diametru, distanțate între ele cu 6 cm, plasate pe o spirală astfel încît primul orificiu se află la 1 mm de margine, al doilea la 2 mm, al treilea la 3 mm ș.a.m.d., este rotit cu 10 rot/min. în fața unei imagini de dimensiuni mici. Dintr-o anumită parte putem privi imaginea așezată de fapt în partea cealaltă ca și cum discul nici nu ar exista. Imaginea este explorată punct cu punct, corespunzător fiecărui orificiu, după arce de cerc care pot fi asimilate unor linii (linii de explorare). Plasînd în locul ochiului un dispozitiv de transformare a luminii în semnale electrice, avem, în orice moment, corespondentul electric al luminozității punctului analizat. Experiența se poate realiza acum extrem de ușor, atunci însă greutatea consta în a găsi un dispozitiv atît de sensibil la lumină și cu o inerție atît de mică încît să-și modifice rezistența electrică într-o fracțiune de secundă, cît durează analiza unui punct. Evident, seleniul nu putea îndeplini acest rol dată fiind inerția sa destul de mare. Celulele fotoelectrice nu depășiseră faza cercetărilor de laborator. Chiar exemplarele cele mai bune nu puteau asigura performanțe mulțumitoare. Se încercau diferite soluții pentru construirea fotocatodului. Utilizarea potasiului, și mai tîrziu a cesiului, a dus la mărirea sensibilității și, în final, la viteze acceptabile de transformare a luminii în curent.

Dar zgomotul făcut de o roată destul de mare în fața unei imagini minuscule nu numai că nu ar fi asigurat minimul de destindere cerut, ci, dimpotrivă, ar fi fost generatoare de nervi. Neîndoielnic, dacă nu s-ar fi debarasat de discul Nipkow, televiziunea nu ar fi cunoscut succesul de care se bucură astăzi. Era necesar, mai ales pentru recepție, un nou dispozitiv care să realizeze sinteza imaginii fără zgomot, în condiții cît mai bune.

După zece ani de la inventarea sa, un asemenea aparat era totuși întrebuințat în scopul redării unei imagini. Este vorba de tubul catodic inventat de profesorul german Karl Ferdinand Braun în 1897. Cu tubul Braun, strămoșul cinescopului de astăzi, căutările în domeniul televiziunii se apropie de etapa finală, televiziunea contemporană devenind, cu mici excepții, electronică.

Strămoșul cinescopului

Într-adevăr, prin 1910, din întregul lanț de televiziune, numai dispozitivul de explorare a imaginii, discul Nipkow, mai păstra caracterul electromecanic al vechilor invenții. Așadar, în 1897, Braun, viitor laureat al Premiului Nobel pentru fizică (1909 — pentru contribuții la studiul razelor catodice), modificînd tubul construit de fizicianul W. Crookes[1], realiza tubul catodic. Dispozitivul va deveni datorită modificărilor succesive tubul cinescop actual. Iată deci că prin transformarea: tub Crookes → tub catodic → tub cinescop, televizoarele actuale au căpătat elementul indispensabil funcționării lor.

Să urmărim mai îndeaproape această transformare, atît din punct de vedere istoric cît și funcțional, ea

[1] CROOKES, William (1832–1919), chimist și fizician englez. A făcut cercetări asupra descărcărilor electrice în tuburi rarefiate și asupra substanțelor radioactive.

ilustrînd, de fapt, o întreagă perioadă de dezvoltare a fizicii și începuturile electronicii.

Primul pas este făcut de fizicianul W. Crookes, care, studiind cea mai mare parte a proprietăților razelor catodice, realizează tubul ce îi poartă numele, compus din tub de sticlă (fig. 6) plin cu gaz (la presiune mică cuprinsă între 1,3 și 0,13 N/m^2), un catod și un anod. Aplicînd o tensiune continuă de cîteva mii de volți între anod și catod, cu polaritatea pozitivă pe anod, apare un fascicul de electroni emiși de către catod. Explicația este simplă. În gazul aflat la presiuni reduse există întotdeauna cîțiva ioni pozitivi (atomi din gazul respectiv care au pierdut de pe ultimul strat unul sau mai mulți electroni, atomul fiind o dată sau de mai multe ori ionizat). Cîmpul electric creat între anod și catod, de către tensiunea aplicată, accelerează ionii pozitivi, dirijîndu-i spre electrodul cu potențialul contrar, negativ în cazul nostru, respectiv catodul. Cîteva mii de volți aplicate între anod și catod înseamnă o tensiune mare, deci un cîmp electric puternic. Viteza

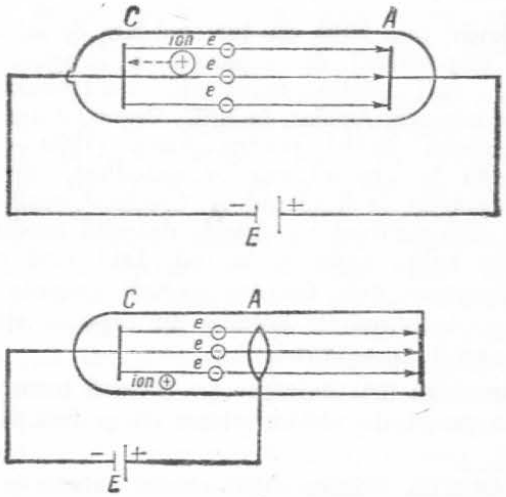


Fig. 6

ionilor are o valoare însemnată fiind proporțională cu tensiunea aplicată. Ionii pozitivi ajung la catod cu o energie cinetică mare (energia cinetică este proporțională cu pătratul vitezei particulelor în mișcare). Presiunea scăzută în tub (atomii de gaz sînt rari) ușurează deplasarea ionilor pozitivi înspre catod, posibilitatea ciocnirilor dintre acești ioni și atomii gazului din tub fiind micșorată. Ajungînd pe catod cu viteză mare, deci cu energie cinetică mare, în ciocnire o parte din energie se transferă electronilor din metalul catodului. Transferul de energie facilitează eliberarea electronilor din metal. Sarcina lor fiind negativă, sînt atrași de electrodul cu potențialul contrar, acum pozitiv, în cazul nostru anodul, avînd o mișcare uniform accelerată datorită cîmpului electric. În drum spre anod, o parte din electroni ciocnesc atomii de gaz pe care îi întîlnesc. În urma ciocnirii, prin extragerea altor electroni, vor apare noi ioni pozitivi care vor juca același rol ca și primii. A apărut, datorită mișcării ionilor pozitivi spre catod și ciocnirii acestora, un fascicul de electroni emis de catod. Anodul atrage electronii din fascicul accelerîndu-i în același timp. Dacă se realizează anodul sub forma unui inel,electronii din centrul fasciculului vor trece de anod. Cum una din proprietățile fasciculelor de electroni este de a produce fluorescența substanțelor, un ecran acoperit cu o substanță fluorescentă, plasat în spatele anodului, va materializa impactul electronilor, transformînd ciocnirea într-un punct luminos.

O invenție de premiul Nobel

Așa cum am spus mai sus, Braun[1] transformă tubul Crookes, îi dă o formă apropiată de cea actuală, introducîndu-i și cîțiva electrozi în plus ceea ce îi conferă

[1] BRAUN, Karl Ferdinand (1850—1918), fizician german. A inventat oscilograful catodic. Laureat al Premiului Nobel (1909) pentru studiul radiațiilor catodice.

acestuia noi proprietăți. Astfel, de la vechiul tub Crookes, cilindric, prin mărirea suprafeței bazei (vizibile) s-a trecut la forma actuală a cinescopului. Ușor realizabil din punct de vedere tehnic, tubul, în noua formă, impunea altfel de metode de deviere așa încît fasciculul să atingă și zonele marginale ale ecranului. Două plăci dreptunghiulare, plasate după anod și conectate la o tensiune continuă, asigurau, prin alegerea convenabilă a elementelor constructive și a tensiunii, deviațiile dorite. Destul de ușor se poate demonstra că mișcarea unui fascicul de electroni în cîmp electric uniform se face după o parabolă. Mărimea deviației față de centrul ecranului este direct proporțională cu tensiunea aplicată plăcilor (denumite, după rolul lor, de deflexie), cu lungimea lor și invers proporțională cu distanța dintre ele și pătratul vitezei cu care intră electronii în spațiul dintre ele. Explicația este foarte simplă. Electronii din fascicul sînt atrași de placa cu polaritate inversă sarcinii lor, adică de placa cu potențial pozitiv. Dacă potențialul plăcii este mai mare și deviația va fi mai mare iar forța de atracție dintre placă și electroni va avea și ea o valoare mai mare. Efectul depărtării dintre placă și fascicul este invers. La o distanță mai mică efectul forței de atracție este mai mare.

Este evident că aplicarea unei tensiuni continue între plăcile de deflexie asigură devierea fasciculului doar din centrul ecranului spre placa pozitivă, după o dreaptă. În fig. 7 este reprezentat un ecran încadrat de plăcile de deflexie mult mărite și distanțate între ele, pentru ilustrarea funcționării. O tensiune continuă aplicată cu polaritatea pozitivă pe placa *A* și cu cea negativă pe placa *B* asigură deviația fasciculului după dreapta *OM*. Pentru a realiza deviația fasciculului și în partea stîngă a ecranului, după dreapta *OM'*, trebuie schimbată polaritatea sursei asigurîndu-se astfel un potențial pozitiv pe placa *B*. Ar rezulta necesitatea unui comutator care să schimbe polaritatea tensiunii aplicate între plăci. Schimbînd sursa de curent continuu

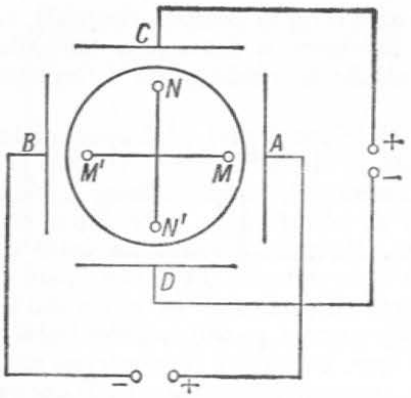


Fig. 7

cu una de curent alternativ (fig. 8), cu trecerea de la o semialternanță la alta, se schimbă automat și polaritatea plăcilor. Alegînd în mod convenabil amplitudinea semnalului alternativ și momentul atacării plăcilor se poate obține foarte ușor deviația fasciculului după dreapta *MM'*. Asigurînd o deviație a fasciculului pe orizontală, plăcile, deși în poziție verticală, se numesc de *deflexie pe orizontală*. Introducînd încă două

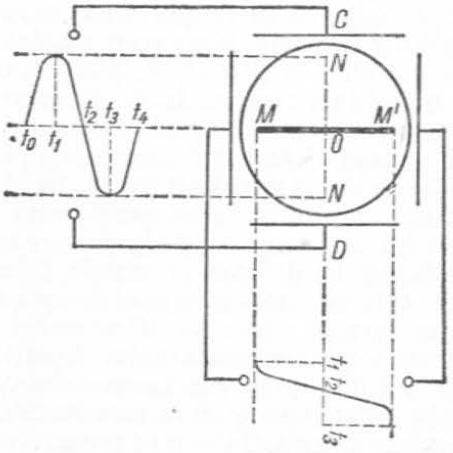


Fig. 8

plăci C și D, de astă dată în poziție orizontală, repetîndu-se procesul, se obține o deviație a fasciculului pe verticala NN', plăcile numindu-se de *deflexie pe verticală*.

Să remarcăm că în momentul t_0 al aplicării tensiunii sinusoidale pe plăcile de deflexie pe verticală (celelalte două nefiind alimentate), amplitudinea tensiunii este zero. Fasciculul de electroni nu este supus nici unei forțe de atracție. Mișcarea electronilor între catod și ecran se face în linie dreaptă. Pe ecran apare punctul luminos O din centrul ecranului. În intervalul $t_0 - t_1$, în timpul semialternanței pozitive, potențialul pozitiv al plăcii C va crește. Fasciculul de electroni va fi atras din ce în ce mai puternic către placa C. Toate punctele de pe ecran, aflate în drumul fasciculului vor apărea luminoase rezultînd o linie. În momentul t_1, în care tensiunea are amplitudinea pozitivă maximă, fasciculul de electroni este deviat pînă în punctul N. În intervalul $t_1 - t_2$ amplitudinea începe să scadă. Fasciculul se reîntoarce pe același drum pînă în punctul O, corespunzător tensiunii zero (momentul t_2). La fel se petrec lucrurile în intervalele t_2—t_3 și t_3—t_4, dar spre placa D. În momentul t_3 fasciculul de electroni se găsește în punctul N' iar în momentul t_4 se găsește în punctul O. Rezultă că în timpul unei perioade a tensiunii sinusoidale fasciculul face excursia ON—NO—ON'—$N'O$. Se pot elimina perioadele „moarte" ON și ON', aplicînd o astfel de tensiune încît, din momentul inițial, fasciculul să plece din unul dintre punctele marginale ale ecranului, realizînd „excursia" pînă în punctul diametral opus cu viteză constantă. Se observă că dacă am reține din întreaga sinusoidă numai porțiunea cuprinsă între momentele t_1—t_3, pe care o vom aplica între plăcile de deflexie orizontală, fasciculul ar sări rapid din O în M, parcurgînd apoi dreapta MM'. În momentul în care ar ajunge în M' ar reveni brusc în O. De asemenea se poate remarca faptul că porțiunilor curbe ale tensiunii din apropierea momentelor t_1 și t_3 le corespund pe ecran puncte prin care fasciculul a trecut cu viteză mai mică. În aceste puncte luminoforul a fost bombardat mai mult, luminozitatea lor fiind mai mare.

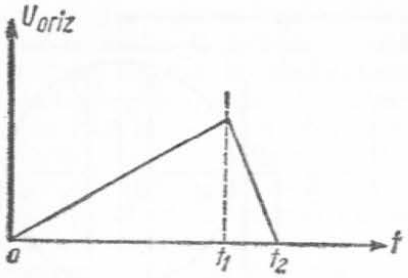


Fig. 9

Pentru ca spotul (urma lăsată de fascicul pe luminofor) să parcurgă distanța MM' cu viteză constantă, trebuie asigurată o variație liniară în timp a tensiunii aplicate. Aproximînd cu o dreaptă curba care reprezintă tensiunea aplicată între plăcile de deflexie pe orizontală, rezultă un semnal numit, după forma sa, în dinte de ferăstrău. Deoarece întotdeauna plusul tensiunii de alimentare al tubului catodic se leagă la masă, forma tensiunii aplicată plăcilor de deflexie pe orizontală este cea din fig. 9.

În momentul $t=0$, punctul luminos se află în M. Pe măsură ce tensiunea crește, fasciculul se deplasează spre dreapta, deci spre punctul M, punct atins în momentul $t=t_1$.

Pentru o nouă „excursie" a fasciculului trebue să se pornească tot din M. Se aplică o tensiune inversă, rapid descrescătoare în timp. Deplasarea fasciculului de la dreapta la stînga făcîndu-se cu viteză mare, pe ecran nici nu apare urma sa. Întotdeauna pe plăcile de deflexie pe orizontală se aplică un impuls în formă de dinte de ferăstrău, pe plăcile de deflexie pe verticală fiind aplicat semnalul de vizualizat.

Să vedem ce se întîmplă dacă se aplică simultan semnale între plăcile de deflexie (fig. 10). În momentul t_0 nu există semnal decît între plăcile A și B, fasciculul fiind atras numai de placa A, aflîndu-se în punctul M. În intervalul t_0—t_1 fasciculul se deplasează pe

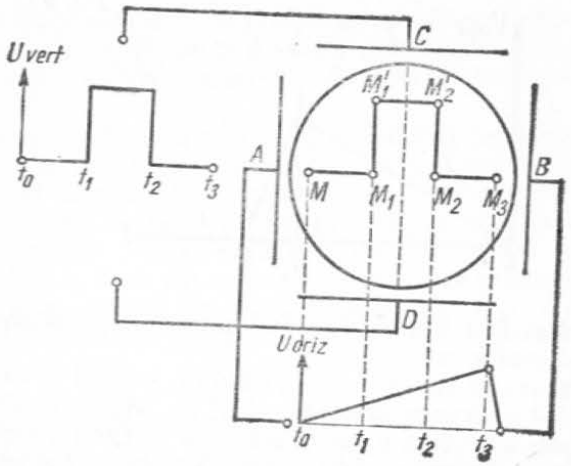


Fig. 10

orizontală din M pînă în M_1, deoarece există tensiune numai între plăcile A și B.

În momentul t_1, apare brusc și o tensiune între plăcile C și D. Fasciculul este deplasat datorită atracției plăcii C în punctul M. Întrucît pe intervalul t_1—t_2 potențialul plăcii C rămîne constant, fasciculul va fi atras cu aceeași forță, deplasîndu-se doar pe orizontală pînă în punctul M'_2, întrucît tensiunea dintre plăcile A și B crește. În momentul t_2 potențialul plăcii C devine brusc zero, fasciculul nu mai este deviat pe verticală, ci numai pe orizontală, din punctul M_2 pînă în punctul M_3. În acest mod, pe ecranul tubului a apărut forma impulsului aplicat între plăcile de deflexie pe verticală. Evident, orice formă ar avea semnalul aplicat între plăcile verticale ea apare întocmai pe ecranul tubului. Deviația fasciculului fiind realizată prin crearea unui cîmp electric aplicat între plăcile de deflexie, se numește *deviație electrostatică*.

Doi ani după ce Braun își construise dispozitivul, un concetățean, C. Zenneck, plasînd două perechi de bobine în unghi drept pe gîtul tubului, obține același rezultat,

adică deviația fasciculului. Apăruse într-o formă primară blocul bobinelor de deflexie al actualului cinescop. Este primul pas făcut de la tubul catodic la tubul cinescop. Următorul pas aparține tot unui german, Wehnelt, care în 1905 introduce un filament pentru încălzirea catodului, asigurînd formarea fasciculului prin emisie termoelectronică. În același timp îi adaugă un disc metalic prevăzut cu un mic orificiu, plasîndu-l în fața catodului. Aplicîndu-i tensiuni mai mult sau mai puțin negative, discul lasă să treacă mai puțini sau mai mulți electroni. Se obține un fascicul de electroni mai fin sau mai gros, punctele de pe ecran avînd străluciri diferite. Wehnelt descoperise astfel posibilitatea modulării intensității fasciculului de electroni prin modificarea tensiunii aplicate electrodului care acum îi poartă numele. Transformat mai tîrziu în cilindru, discul introdus de Wehnelt a făcut posibilă utilizarea, peste aproape 20 de ani, a tubului care încă mai păstra numele lui Braun, în primele instalații de televiziune.

Istoria îi acordă fizicianului Lee de Forest meritul introducerii unui al treilea electrod între anodul și catodul diodei construite în 1904 de John Flemming[1]. Se pare, însă, că sub altă formă ideea a fost realizată de Wehnelt cu un an înainte. Cu noii electrozi cuceriți, cu dispozitivul de baleiere a fasciculului, tubul Braun poseda acum aproape toate elementele care îl făceau utilizabil în televiziune. De-a lungul timpului i s-au mai adus modificări vizînd mai ales îmbunătățirea performanțelor, a caracteristicilor constructive, ajungîndu-se la cinescopul de astăzi.

Forma cinescopului, apropiată de cea actuală, fusese dată de Braun. El acoperise ecranul cu luminofor, introducîndu-i și plăcile de reflexie. Zenneck îl dotase și cu bobine de deflexie, deviația fasciculului de electroni, realizată pe alte baze, fiind adoptată mai tîrziu în totalitate la cinescoape. Wehnelt îl înnobilase

[1] FLEMMING, John Ambrose (1849—1945), inginer electrotehnician englez. Studii în domeniul radiocomunicațiilor. A inventat primul tub electronic — dioda.

adăugîndu-i grila de comandă. Emisia termoelectronică îi asigura viabilitate. Astfel dotat, tubul Braun își făcea intrarea în electronică. Interesant este modul în care s-a ajuns la acest ultim fenomen, emisia termoelectronică, considerat a fi deschizătorul căilor unei științe care a devenit piatră de temelie a realizărilor tehnico-științifice contemporane.

Dioda — un ventil electronic

Ajuns o celebritate a timpului său, Edison[1] declara spre sfîrșitul veacului trecut că Societatea Edison pentru iluminat, din New York, a fost o realizare deosebit de îndrăzneață, legîndu-i numele de una dintre cele mai dragi invenții ale sale — lampa electrică cu incandescență. De cercetările făcute în vederea găsirii unui filament mai rezistent în timp, este legat un fenomen care a rămas și acum fundament al electronicii. Este vorba de efectul termoelectronic descoperit întîmplător, în 1883, de Edison.

Dorind să prelungească durata filamentului cu cărbune al lămpii cu incandescență, savantul a introdus în interiorul ei, aproape de firul de cărbune, un electrod metalic în formă de placă dreptunghiulară. De la el a tras un fir în exterior legîndu-l la borna pozitivă a unei baterii. Intercalînd un galvanometru în circuit, a constatat că acul galvanometrului deviază atunci cînd filamentul a ajuns la incandescență. Înseamnă că prin circuit trecea un curent electric. Inversînd polarizarea, prin legarea plăcii metalice la borna negativă, acul galvanometrului rămînea la poziția zero. „Înghețarea" galvanometrului se datora, fără îndoială, faptului că prin circuit nu trecea curent electric. Cauza comportării ciudate a circuitului nu numai că nu se știa, dar nici măcar nu se bănuia. Mai mult, considerat o anomalie, efectul, care ulterior a primit numele

[1] EDISON, Thomas Alva (1847—1931), celebru inventator american. Dintre numeroasele sale invenții sînt notabile: un tip perfecționat de microfon, fonograful, becul electric etc.

marelui său descoperitor (în cercetări) a fost abandonat pînă după inventarea diodei. Invenția era rezultatul acumulărilor științifice din noua ramură a fizicii care începea să se desprindă de această știință și care nu primise încă numele de electronică. Cîndva i se reproșa lui Newton[1] că a descoperit o lege care „plutea în aer", că mai devreme sau mai tîrziu el sau altul ar fi enunțat și demonstrat legea atracției universale. După aproape două secole istoria se repeta cu Einstein (teoria relativității). John Ambrose Flemming, reputat experimentator și teoretician, avea să suporte din partea contemporanilor, referitor la inventarea diodei, aceleași obiecții. Supranumită la timpul său „valva lui Flemming" din cauză că nu lăsa curentul electric să treacă decît la conectarea anodului la borna pozitivă și îl bloca la legarea sa de borna negativă, comportîndu-se ca un adevărat ventil, dioda deschide seria tuburilor electronice. Este folosită și astăzi pe scară largă, mai ales la redresarea curentului electric. Un tub de sticlă vidat ce conține doi electrozi, anodul și catodul, este montat după o schemă (prezentată în fig. 11), unde potențiometrul P este introdus pentru a putea varia tensiunea aplicată tubului. La conectarea sursei de alimentare cu polaritatea din figură (cu + (plus) pe anod și — (minus) pe catod) miliampermetrul mA, montat în anod, indică trecerea unui curent prin circuit. Procesul este condiționat de introducerea în circuit a bateriei E_a. Creșterea tensiunii aplicate, măsurată cu voltmetrul V, determină mărirea intensității curentului indicat de miliampermetru. Pentru valori bine precizate ale tensiunii U_a se obțin valori distincte ale curentului I_a. Reprezentate într-un sistem de axe de coordonate I_a — U_a, totalitatea acestor valori formează caracteristica diodei (fig. 12). Bateria B, fiind

[1] NEWTON, Isaac (1642—1727), celebru fizician, matematician și astronom englez. A formulat cele trei legi ale dinamicii, a demonstrat legea atracției universale punînd bazele mecanicii cerești. A descompus, cu ajutorul prismei, lumina în componentele sale și a recompus-o cu ajutorul discului ce-i poartă numele.

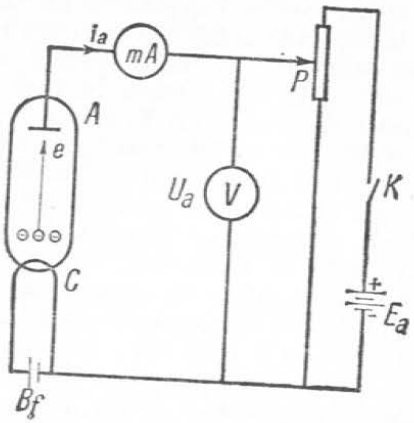


Fig. 11

conectată la bornele catodului produce, prin efect Joule, încălzirea catodului (un filament de wolfram). Electronii de pe ultimul strat primind energie din exterior sînt expulzați în afară, formînd un fel de nor de electroni. Cui se datorează acest fapt vom vedea mai departe. Prin plecarea lor, în catod rămîn sarcini pozitive necompensate care încep să atragă electronii din nor. Pînă la urmă se stabilește un echilibru între catodul pozitiv și norul negativ de electroni, acesta rămînînd în jurul catodului, împiedicînd ieșirea în continuare a electronilor din catod.

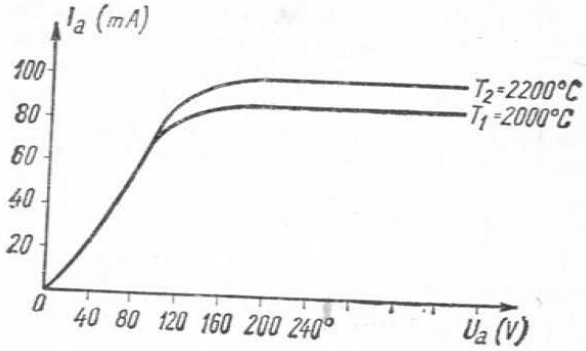


Fig. 12

Sursa de alimentare E_a nefiind conectată (voltmetrul indică $U_a = 0$), electronii din nor nu pot străbate spațiul pînă la anod, deci prin circuit nu trece curent. Miliampermetrul mA indică un curent $I_a = 0$, punctul corespunzător lui 0 de pe caracteristică. Introducînd sursa E_a, potențiometrul P fiind reglat în așa fel încît voltmetrul să indice o valoare $U_a = 220\ V$, de exemplu, miliampermetrul va indica trecerea unui curent cu intensitatea de 100 mA. Datorită faptului că anodul a devenit pozitiv, o parte din electronii norului au fost atrași de acesta, stabilind curentul prin circuit. Mărirea tensiunii U_a determină creșterea forței de atracție exercitată de anod asupra electronilor din nor (mai mulți electroni părăsesc norul îndreptîndu-se spre anod). Plecarea electronilor din nor rupe echilibrul stabilit între catod și nor. Din catod pleacă alți electroni care se opresc în nor. La creșterea tensiunii anodice pînă la o valoare mare, toți electronii emiși de către catod sînt atrași de anod, obținîndu-se curentul maxim numit curent de saturație. Dacă se inversează polaritatea sursei E_a, punînd minusul pe anod, acesta în loc să atragă electronii din nor îi va respinge. Prin circuit nu va trece curent. Rezultă că dioda funcționează numai atunci cînd are anodul conectat la un potențial pozitiv, justificîndu-și denumirea de ventil. Diodele, și în general toate tuburile electronice de astăzi, nu mai utilizează încălzirea directă a catodului. Dîndu-i forma unui cilindru, în interiorul său a fost introdus un filament care se conectează la o sursă separată de curent alternativ. Filamentul adus la incandescență încălzește catodul prin intermediul unui strat de porțelan intercalat între el și filament. În acest mod se izolează electric catodul de filament și se asigură și încălzirea uniformă. Experimental se poate constata că aplicînd filamentului o tensiune mai mare, deci asigurînd și catodului o încălzire mai puternică (T_2 mai mare decît T_1) valoarea curentului de saturație este mai mare. Într-adevăr, la o temperatură mai mare a catodului mai mulți electroni părăsesc metalul, rezultînd un număr mai mare de electroni care formează

curentul electric din circuit. Pentru a putea fi schimbate între ele, toate tuburile electronice, indiferent de forma constructivă, au tensiunea de alimentare stabilită la 6,3 V c.a.

Inventarea diodei nu a însemnat ceva cu totul deosebit prin ea însăși. În anii ce-au urmat apariției, dioda nici nu și-a găsit loc în prea multe aplicații. Abia mai tîrziu s-a dovedit indispensabilă în schemele de redresare a curentului alternativ. Un transformator alimentat de la rețeaua de curent alternativ are în secundar două înfășurări. Tensiunea uneia (6,3 V c.a.) se aplică filamentului iar tensiunea celeilalte înfășurări se aplică între anod și catod. Funcționarea se explică ușor urmărind diagramele din fig. 13.

În perioadele de timp în care anodului i se aplică semialternanțele pozitive dioda funcționează, rezultînd prin rezistența de sarcină curent sub formă de pulsuri. În timpul semialternanțelor negative, dioda este blocată. Salturile tensiunii obținute la ieșire pot fi netezite prin adăugarea unui filtru format dintr-o bobină și doi condensatori. Încărcarea și descărcarea condensatorilor asigură prelungirea timpului cît este aplicată amplitudinea maximă a tensiunii la bornele rezistenței de sarcină. În practică se folosesc și scheme

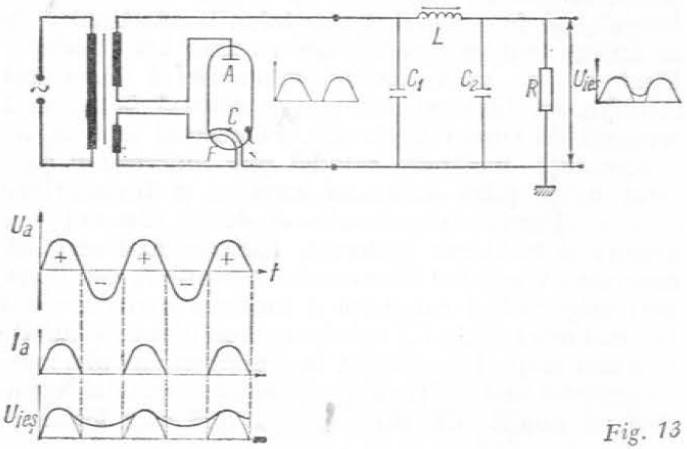


Fig. 13

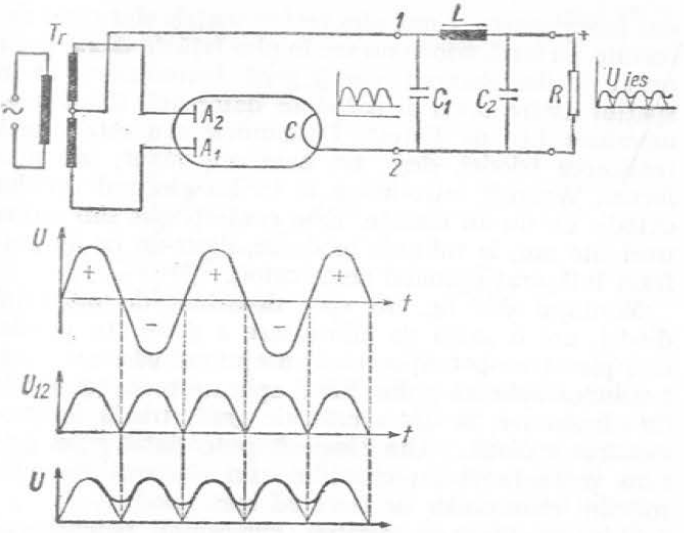


Fig. 14

de redresare care asigură tensiune la bornele rezistenței de sarcină în timpul ambelor semialternanțe (redresor dublă alternanță). O dublă diodă este conectată ca în fig. 14 astfel încît în timpul semialternanței pozitive să conducă cealaltă diodă. Filtrul de la ieșire asigură netezirea pulsurilor.

Inventarea diodei a făcut posibilă și trecerea de la tubul catodic cu catod rece, în care fasciculul de electroni se forma exclusiv pe baza ciocnirilor dintre ionii pozitivi de gaz și catod, la tubul catodic cu emisie termoelectronică, vidat, așa cum îl întîlnim astăzi.

Ce poate face un electrod în plus

Realizarea diodei a permis, înainte de toate, apariția celui mai interesant tub electronic al acelor vremuri, trioda. Constructiv, diferențele între ele nu sînt mari,

dar funcționarea și mai ales performanțele sînt total deosebite. În fond, trioda nu are în plus față de diodă decît un al treilea electrod, numit grilă. Introducerea sa în spațiul dintre anod și catod se datorează fizicianului american Lee de Forest. De numele său este legată realizarea triodei, deși, așa cum am văzut, sub altă formă, Wehnelt introdusese al treilea electrod tubului catodic cu un an înainte. Este confecționat sub forma unei site sau, la tuburile moderne, dintr-un fir de wolfram înfășurat elicoidal peste catod.

Montajul din fig. 15 spre deosebire de montajul diodei, are o sursă de alimentare a grilei. În paralel este plasat un potențiometru cu ajutorul căruia variem tensiunea aplicată grilei. Fiind aplicate toate tensiunile de alimentare, în afara celei de grilă, trioda funcționează ca o diodă. Atîta timp cît potențialul grilei este zero prezența ei nu constituie un obstacol în calea mișcării electronilor de la catod spre anod.

Prin modificarea poziției cursorului potențiometrului spre dreapta, aproape toată tensiunea E_g se aplică cu polaritatea negativă pe grilă. Știm că în jurul catodului deja s-a format norul de electroni (sarcina spațială). Grila fiind puternic negativă respinge înspre catod electronii care formează sarcina spațială, deși anodul are polaritate pozitivă. Prin circuitul exte-

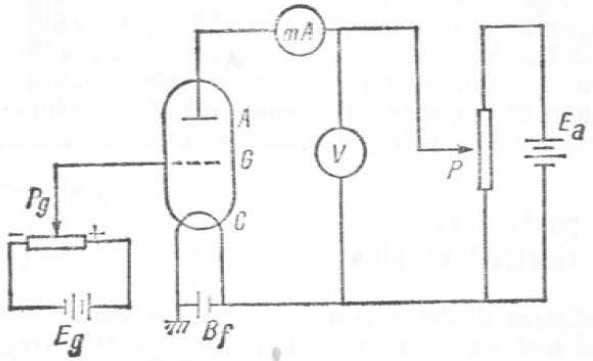


Fig. 15

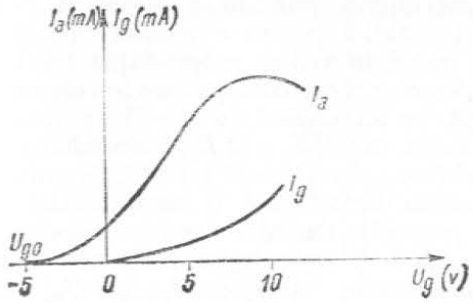


Fig. 16

rior, nu circulă curent electric. Trioda este blocată. Micșorînd negativarea grilei sub o anumită valoare, influența ei asupra sarcinii spațiale se micșorează. Anodul, avînd un potențial pozitiv, atrage electronii care pot străbate întregul spațiu dintre catod și anod. Apare prin circuitul exterior un mic curent electric. Tensiunea de grilă (U_{go}) la care apare curent prin triodă cînd grila este negativă se numește *tensiune de blocare* sau *tensiune de tăiere*. Micșorînd (ca valoare absolută, ca cifră) în continuare potențialul negativ mai mulți electroni pot ajunge la anod, crescînd curentul anodic. Reprezentînd într-un sistem de coordonate $I_a - U_g$ perechile de valori obținute cu un montaj experimental se obține caracteristica statică a triodei (fig. 16). Dacă tensiunea aplicată grilei devine pozitivă, o parte din electronii emiși de catod sînt captați de grilă. Apare un mic curent I_g prin circuitul grilei, numit *curent de grilă*. Creșterea tensiunii de grilă duce la creșterea acestui curent în detrimentul curentului anodic care începe să scadă. Deoarece curenții de grilă sînt, în principiu, nedoriți, triodele lucrează mai ales cu tensiuni de grilă negative. Rezultă că este posibilă variația curentului anodic prin modificarea tensiunii de grilă, de obicei de valori mici. Firește nu numai tensiunea de grilă are influență asupra curentului anodic ci și tensiunea anodică. Pentru diferite tensiuni anodice la aceeași valoare a tensiunii de grilă, rezultă

curenți anodici diferiți putîndu-se obține o familie de caracteristici statice pentru o anumită triodă.

În general, avînd în vedere proprietățile triodei de amplificator, detector și oscilator pe care le vom analiza mai amănunțit în alt capitol, o triodă se definește prin trei parametri, notați S, μ și R_i, însemnînd pantă, factor de amplificare și rezistență internă. Semnificația pantei va rezulta considerînd o caracteristică (fig. 17) obținută pentru o anumită tensiune anodică, de exemplu $U_a = 200$ V. Aproximăm porțiunea caracteristicii corespunzătoare valorilor U_{g1} și U_{g2} (deci unei variații ΔU_g a tensiunii de grilă) cu o dreaptă. Punînd în evidență și variația I_a a curentului anodic se poate forma triunghiul dreptunghic ABC. Panta fiind echivalentă înclinării (măsurată întotdeauna prin tangenta unghiului de la bază), avem, ținînd cont de faptul că tensiunea anodică este constantă

$$tg\alpha = S = \frac{I_a}{U_g} \text{ pentru } U_a = \text{const.}$$

(Se măsoară în $\frac{mA}{V}$ și exprimă creșterea sau scăderea curentului anodic măsurat în mA la variația tensiunii de grilă cu un volt).

Pentru a determina factorul de amplificare vom considera două caracteristici ale unei triode, ridicate

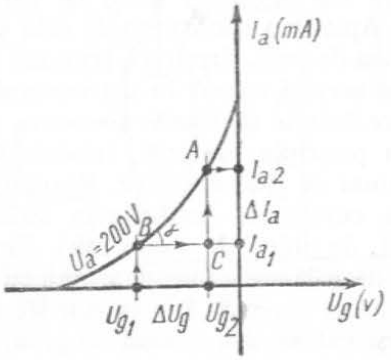


Fig. 17

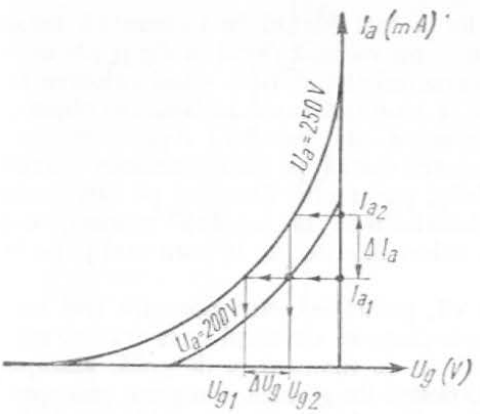


Fig. 18

pentru două tensiuni anodice, de exemplu $U_a = 200$ V și $U_a = 250$ V (fig. 18). O valoare dată a curentului anodic ar corespunde pe prima caracteristică unei tensiuni de grilă $U_{g2} = 5$ V. Pe a doua caracteristică aceleiași valori a curentului anodic I_{a1}, îi corespunde o altă valoare a tensiunii de grilă $U_{g1} = 7$ V. Pentru a menține curentul anodic constant, la valoarea I_{a1}, cînd crește tensiunea anodică de la $U_a = 200$ V la $U_a = 250$ V trebuie să mărim tensiunea de grilă de la $U_{g2} = 5$ V la $U_{g1} = 7$ V. Se poate scrie deci

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g} \text{ pentru } I_a = \text{const.}$$

Fiind raportul a două tensiuni factorul de amplificare nu are dimensiuni, exprimîndu-se printr-un număr.

Determinarea rezistenței interne R_i se face considerînd tensiunea de grilă constantă și punînd în evidență variația curentului anodic la o variație a tensiunii anodice, adică $R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$ pentru $U_g = \text{const.}$ exprimîndu-se în Ω.

Cei trei parametri nu sînt independenți, între ei existînd relația

$$SR_i = \mu.$$

Definirea lor a fost făcută în ipoteza că tensiunile aplicate tubului nu variază rapid în timp (de unde denumirea de caracteristici statice). Cînd valoarea tensiunilor aplicate se modifică rapid în timp, se obțin caracteristicile dinamice ale tubului. Așa cum au fost definiți parametrii statici pe caracteristicile statice tot așa se pot defini parametrii dinamici pe caracteristicile dinamice. Referindu-se la aceleași mărimi, deși în acest caz au valori diferite, nu le vom mai pune în evidență.

Am văzut că, principial, sînt necesare trei surse de alimentare conectate în circuitul unei triode: sursa de tensiune anodică, de filament și de grilă. Manipularea lor era, însă, destul de greoaie. Un prim pas spre simplificare a fost făcut prin eliminarea bateriei de filament, realizată prin standardizarea tensiunii de alimentare a filamentului la 6,3 V c.a.

Pentru a elimina și E_g se recurge la soluția negativării automate a grilei adică a creării unei căderi de tensiune pe o rezistență montată în catod, în așa fel încît să se aplice cu minusul pe grilă (fig. 19).

Curentul anodic care străbate rezistența din catod R_c provoacă la bornele ei o cădere de tensiune cu polaritatea indicată. Prin rezistența R_g această tensiune se aplică pe grilă. A fost eliminată astfel și sursa exterioară E_g, obținîndu-se negativarea automată a grilei.

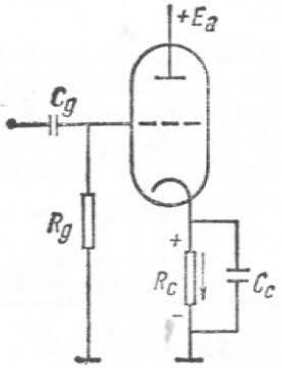


Fig 19.

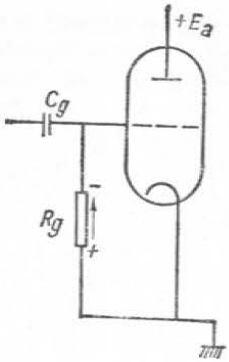


Fig. 20

Se remarcă montarea condensatorului C_c în paralel cu rezistența R_c. Numit condensator de decuplare, C_c are rolul de a menține constantă tensiunea la bornele R_c la variații rapide ale curentului anodic.

În cazul în care trioda lucrează și cu tensiuni de grilă pozitive, negativarea se poate obține altfel. Știm că la tensiuni de grilă pozitive apare un curent de grilă. Trecerea lui printr-o rezistență R_g (fig. 20) provoacă apariția unei căderi de tensiune cu polaritatea indicată. Condensatorul C_g are rolul de a împiedica scurtcircuitarea tensiunii apărute, de elementele montate în schemă înaintea triodei. De asemenea menține aproximativ constantă tensiunea de negativare.

Un profet neinspirat

Deși ideea potrivit căreia în tubul vidat se stabilește un curent electric datorat electronilor emiși de filamentul adus la incandescență se consolidase, chiar prin 1912 mai existau fizicieni care încercau să demonstreze că singura cauză a curentului produs este ionizarea resturilor de gaz din tub. Or, se constatase că acesta funcționează cu atît mai bine cu cît vidul din interiorul tubului este mai înaintat. Abia după studiile

aprofundate ale lui Irving Langmuir[1] s-a putut dovedi că din cauza încălzirii puternice a filamentului, electronii capătă o energie suficient de mare pentru a se putea rupe din cadrul atomului. Un atom se prezintă, în general, asemenea sistemului planetar. Soarele, cu o masă incomparabil mai mare decît a celorlalte planete, deține locul central. În jurul său, pe orbite fixe, eliptice sau circulare, se mișcă celelalte planete. Pentru atom corespondentul soarelui este nucleul. În el este concentrată aproape toată masa atomului iar în jurul acestuia se mișcă electronii pe orbite circulare sau eliptice. Nucleul conține atîtea sarcini pozitive cîți electroni gravitează pe orbite astfel că, din punct de vedere electric, atomul este neutru. Planetele se mișcă pe aceleași orbite, fără abateri. Electronii însă, pe lîngă faptul că nu se mișcă pe o traiectorie precisă ci într-o zonă mai mare sau mai mică din jurul traiectoriei, mai pot „schimba" chiar și orbitele. Saltul unui electron de pe o orbită pe alta se realizează prin emisie sau absorbție de energie. Cînd se emite energie electronul sare pe o orbită mai apropiată de nucleu. Saltul pe o orbită mai depărtată de nucleu se face cînd se absoarbe energie din exterior. Desigur că, electronii de pe ultima orbită, atunci cînd primesc energie din afară, nemaiavînd orbite la îndemînă, părăsesc atomul. Electronii sînt expulzați în afara metalului și formează în cazul diodei, așa cum am văzut, în jurul catodului, un nor electronic care este atras spre anod atunci cînd acestuia i se aplică o tensiune pozitivă. Langmuir a stabilit și legile cantitative ale efectului Edison, denumit acum *efect termoelectronic* (emisie de electroni prin efect termic), punînd astfel bazele teoretice ale electronicii.

[1] LANGMUIR, Irving (1881—1957), fizician american. A cercetat, printre altele, descărcările electrice în gaze și emisia termoelectronică. A stabilit legea de variație a curentului anodic printr-un tub electronic în funcție de tensiunea anodică (legea 3/2).

Televiziunea a căpătat prin apariţiile diodei, triodei, tubului catodic și prin fundamentarea teoretică a efectului Edison, instrumentele care au propulsat-o într-o eră nouă.

Curios este faptul că Edison, vizionarul, omul care a deschis noi direcții în electrotehnică, s-a dovedit a fi, în ceea ce privește televiziunea, un profet neinspirat. Întrebat de ziariști (spre sfîrșitul secolului trecut) dacă este adevărat că lucrează la un aparat care va permite omului din New York să-și vadă soția aflată la Paris a răspuns: „Nu știu dacă aceasta ar fi de un real folos omenirii. În orice caz, femeile, ele, vor fi furioase. Dar vorbind serios, eu lucrez la o invenție care va permite omului aflat în Wall-Street să-și vadă prietenul locuind în Central Park, în timp ce vorbesc la telefon. Am obținut deja rezultate promițătoare în reproducerea imaginilor de la o distanță de circa 300 de metri. Este ridicol însă să speri a vedea ceva între New York și Paris. Numai forma rotundă a Pămîntului, dacă nu ar fi și alte dificultăți, ar face acest lucru imposibil." După cîte știm, procedeul lui Edison nu a văzut niciodată lumina zilei, dar știm că în zilele noastre, ceea ce marele inventator considera a fi o aberație a devenit o realitate, mondoviziunea funcționînd sigur și precis, din cînd în cînd oferindu-ne peisaje lunare, întîlniri cosmice etc. din afara hotarelor Pămîntului.

Telescopia catodică

Meritul savantului rus Boris Rozing[1] este acela de a fi înțeles rolul uriaș pe care l-ar fi putut juca tubul Braun în televiziune. În 1907 Boris Rozing începea construcția unei instalații de televiziune în care, pentru vizualizarea imaginilor, utiliza viitorul tub cinescop. Instalația

[1] ROZING, Boris (1869—1933), savant rus, unul dintre fondatorii televiziunii electronice. În 1911 a construit un receptor care folosea un tub catodic pentru reproducerea imaginilor.

cuprindea un obiectiv prin care imaginea de transmis era proiectată pe două oglinzi rotite sincron de un motor electric. Fasciculul luminos căzînd pe o celulă fotoelectrică provoca un curent variabil transmis prin fir unui tub Braun (de remarcat faptul că instalația lui Rozing nu utiliza tubul Braun îmbunătățit, ci vechiul tub cu catod rece). Se poate presupune, că, în acea perioadă, cercetările lui Wehnelt nu deveniseră cunoscute savantului rus. Modularea fasciculului de lumină se făcea cu ajutorul a două plăci legate în circuitul celulei fotoelectrice. În funcție de tensiunea acestora mai mulți sau mai puțini electroni treceau înspre ecran. După aproape patru ani de cercetări, Rozing reușea să obțină o imagine alcătuită din trei linii, semnînd ceea ce el denumea *telescopia catodică*. Aceasta era, de fapt, prima instalație completă de televiziune în circuit închis și conținea într-o formă neperfecționată receptorul de televiziune de peste ani. Fără îndoială era un lucru important, sistemul lui Rozing făcînd trecerea spre sistemele electronice de televiziune.

Teoretic se știa ce trebuie făcut în televiziune. Tot teoretic se indicaseră și căile de rezolvare posibile a problemelor ridicate. Astfel, în 1908, fizicianul englez Campbell-Swington publicase în revista *Natura* un articol în care arăta că „problema vederii electrice la distanță" nu poate fi rezolvată decît pe cale electronică, eliminînd toate elementele mecanice sau electromecanice, indiferent de mișcarea vibrantă sau de rotație pe care o aveau. „Sînt necesare două fascicule de electroni, unul la emisie și altul la recepție, sincronizate, deviate de cîmpul creat de electromagneți dispuși în unghi drept, parcurși de același fel de curent ca și cel de la emisie". Propunînd, în scopul transformării luminozității imaginii în curent electric, „crearea unui mozaic de elemente fotosensibile în vid, pe care, cu ajutorul unui obiectiv să se proiecteze imaginea de transmis", fizicianul englez preconiza de fapt viitorul tub videocaptor a cărui realizare va revoluționa tehnica transmisiunilor imaginilor la distanță, prin fir sau unde electromagnetice.

Cu articolul lui Campbell-Swington se poate spune că, principial, toate problemele majore ale televiziunii moderne, electronice, erau cunoscute.

Se știa că imaginea de transmis trebuie descompusă într-un mare număr de elemente. Soluțiile cunoscute, discul Nipkow și mozaicul de elemente fotosensibile asigurau acest lucru.

Luminozitatea fiecărui element de imagine trebuia transformată într-un semnal electric cu intensitate corespunzătoare. Celula fotoelectrică modernă, avînd viteza destul de mare și fiind suficient de sensibilă la variațiile de lumină ale diferitelor elemente de imagine, îndeplinea acest deziderat.

Mozaicul fotosensibil pe care era proiectată imaginea de transmis trebuia explorat punct cu punct, linie cu linie de un fascicul de electroni sincronizat cu cel de la recepție. Pentru recepție exista tubul Braun modificat, iar pentru emisie Campbell-Swington indicase modul de obținere al unui asemenea dispozitiv. Să remarcăm însă că la acea dată nu era posibilă decît televiziunea prin fir, la distanțe mici, întrucît semnalul furnizat la ieșirea elementelor fotosensibile era extrem de mic, nu se cunoșteau dispozitivele amplificatoare iar transmiterea semnalelor prin unde electromagnetice era la primii ei pași. Dezvoltarea ulterioară a radiotehnicii, impulsul dat acesteia de apariția triodei, constatarea proprietăților acesteia de a genera, amplifica sau detecta oscilații au condus la depășirea acestei etape, la apariția televiziunii complet electronice.

Sunete prin fir

Prin televiziune înțelegem astăzi nu numai transmiterea imaginilor la mari depărtări (acea vedere la distanță indicată de cele două cuvinte grecești care îl formează) ci și a sunetului aferent. Să vedem deci, printr-o scurtă incursiune în trecut, evoluția ideilor, a realizărilor din acest domeniu, devenit acum atît de obișnuit încît nici nu ne mai gîndim care i-au fost începuturile.

Aparatul cel mai simplu, telefonul, nu începe, așa cum ar părea la prima vedere, nici cu americanul Alexander Graham Bell și nici cu adversarul și concetățeanul său, Elisha Gray.

Împrejurări nefavorabile au făcut ca unui om care chiar dacă nu a inventat telefonul în forma pe care o cunoaștem astăzi, dar care a avut totuși marele merit de a fi construit, primul, un aparat asemănător, posteritatea să nu-i păstreze decît o vagă amintire. Lui i se datorează, de fapt, și denumirea aparatului.

Germanul Philip Reiss, pornind de la constatarea făcută în 1837 de americanul Ch. Page precum că magnetizarea și demagnetizarea bruscă a unei sîrme este însoțită de zgomote, încerca să construiască un aparat care să transmită sunetele la distanță. În 1860 reușește acest lucru, realizînd un aparat complet, cuprinzînd un emițător și un receptor. Funcționarea emițătorului se baza pe variația unei rezistențe în ritmul sunetului de transmis. O membrană bine întinsă, avînd la mijloc o plăcuță metalică cu o adîncitură plină de mercur, era pusă în legătură cu unul dintre polii unei baterii, celălalt pol fiind legat la pămînt. Conductorul unei linii telegrafice era conectat printr-o legătură metalică la un vîrf de platină care atingea suprafața mercurului. Sunetele produse în fața membranei provocau vibrații ale suprafeței mercurului realizînd un contact mai mare sau mai mic cu vîrful de platină. Cum rezistența este invers proporțională cu suprafața conductorului, rezultă variația ei, deci un curent variabil care putea fi transmis pe linia telegrafică pînă la locul de recepție. Receptorul era prevăzut tot cu o membrană care, vibrînd în ritmul curentului transmis pe linie reda sunetele, însă foarte deformate, aproape de nedeslușit. Deși a fost prezentat Societății de fizică din Frankfurt, aparatul a rămas necunoscut. Un articol conținînd descrierea aparatului și modul său de funcționare nu a fost publicat de prestigioasa revistă științifică germană *„Analele Poggendorf"*, materialul fiind socotit „expunere neserioasă".

Fără îndoială, nici unul dintre cei doi inventatori americani nu cunoștea lucrările lui Reiss așa că paternitatea invențiilor nu poate fi contestată. Eventual, poate fi pusă sub semnul întrebării doar întîietatea oficială acordată lui Gray asupra rivalului său. Problema a suscitat la vremea sa un viu interes, fiind și obiectul unui proces intentat de Elisha Gray lui Alexander Graham Bell. În urma procesului, brevetul obținut de Bell (doar cu două ore înaintea lui Gray) a fost anulat, acesta din urmă fiind declarat inventatorul legal al telefonului. Este cert însă că telefonul a pătruns în viață sub forma dată de Bell și indiferent de pledoariile avocaților celor doi împricinați omenirea a pus și va pune mereu numele lui Bell în legătură cu telefonul. Denumirea a rămas însă de la Reiss. Cu o funcționare simplă, robust, economic, telefonul a devenit rapid un mijloc comod de comunicare. Perfecționările aduse în aproape 100 de ani de existență nu au vizat atît principiul de funcționare cît forma și calitatea telefonului. Utilizabil la început numai pe distanțe mici, odată cu introducerea unor bobine de autoinducție la anumite distanțe — realizarea datînd din 1899 și datorită fizicianului de origine sîrbă M. Pupin[1] — telefonul devine universal.

Telegrafia fără fir

Renunțarea la cablu a fost multă vreme, pentru tehnicienii din telecomunicații un vis dar nu nerealizabil. Telegrafia a fost prima care s-a putut debarasa de păienjenișul de fire ce împînzeau pămîntul, pregătind astfel apariția radioului și facilitînd, mult mai tîrziu, trecerea televiziunii între cele mai eficiente componente ale „mass-mediei".

[1] PUPIN, Michael Idworsky (1859—1936), fizician și inventator american de origine sîrbă. Procedeul său de mărire a inductivității unui circuit prin introducerea în serie a unor bobine se numește pupinizare.

Tubul de sticlă umplut cu pulbere de nichel, avînd la capete doi electrozi care semănau cu pistoane, construit de Edouard Branly[1] și denumit radioconductor, avea să însemne prima piatră a unui edificiu care ulterior avea să atingă dimensiuni considerabile. Prin extensie am putea considera că datorită lui a fost posibilă și înlocuirea cablului cu undele electromagnetice în transmisiunea sunetelor și contopirea acestui deziderat cu cel de al doilea — transmisiunea imaginilor în mișcare — în unul singur.

Primul semnal transmis fără cablu a fost cel al unei sonerii electrice legată în serie cu o pilă și cu radioconductorul lui Branly. Acesta se pare că își datorează nașterea unei furtuni violente însoțită de descărcări electrice. Undele electromagnetice, generate în timpul descărcărilor, au făcut pulberea de nichel conductoare, punînd în funcțiune soneria care pînă atunci se încăpățînase să tacă.

Refăcînd experiența în 1890, la Academia de Științe, Branly a așezat într-o sală un eclator cu sferele conectate la o mașină electrostatică. La circa 25 de metri, într-o altă sală, un tub cu pilitură era legat în serie cu o pilă și un galvanometru care nu indica trecerea nici unui curent, deși circuitul era închis. O scînteie produsă de eclator a determinat devierea bruscă a acului galvanometrului. Revenirea la zero, deci întreruperea curentului, s-a realizat prin lovirea ușoară a tubului.

Deși nu s-au transmis semnale, așa cum arăta mult mai tîrziu Branly însuși, a fost prima experiență în care apare un *emițător* — eclatorul și un *receptor* — tubul radioconductor.

Tubul, denumit de către fizicianul englez Oliver Joseph Lodge coheror, este adoptat imediat ca instrument de lucru în laboratoare. Același Lodge, asociindu-i un ingenios mecanism de ceasornic care realiza scuturarea automată a coherorului, reușește transmisiunea unor semnale telegrafice la peste 700 de metri distanță. Telegrafia fără fir începe însă, cu adevărat, odată cu experiențele lui A.S. Popov în Rusia și Guglielmo Marconi în Italia și apoi în Anglia.

[1] BRANLY, Edouard (1844—1940), fizician francez. A construit în 1890 coherorul care îi poartă numele și utilizat în primele sisteme de radiocomunicații.

După o experiență reușită în 1894, A.S. Popov brevetează în 1895 un „înregistrator de furtuni". Perfecționarea coherorului îi dă posibilitatea construirii unui receptor cu care, la 12 martie 1895, face o demonstrație de emisie-recepție a semnalelor Morse în incinta Universității din Petersburg. Distanța dintre cele două posturi era de aproximativ 250 de metri. Popov reușește să realizeze transmisii de calitate datorită și antenei de recepție (inventată de el) ridicată într-un copac din preajmă.

Primul sistem practic, complet, de telegrafie fără fir este creat de foarte tînărul italian Guglielmo Marconi. Posedînd temeinice cunoștințe de electricitate (căpătate de la faimosul profesor al Universității din Bologna, Augusto Righi) descoperă într-o revistă de specialitate un articol despre lucrările lui Hertz. Refăcînd experiențele și îmbunătățind aparatura, reușește în iunie 1895 (la 21 de ani) o experiență epocală.

Pe înălțimile de la Pontechio, lîngă Bologna, realizează transmisia unor semnale Morse între două puncte fără vizibilitate directă. Semnează, conștient sau nu, actul de naștere al unei aplicații cu profunde implicații în dezvoltarea unei științe care mai tîrziu va deveni o dominantă categorică a secolului nostru — electronica.

Succesele îndreptățeau optimismul. Descurajantă era apostila unui funcționar al Ministerului Poștelor pe cererea sa în care, oferind invenția, solicită și sprijin material pentru continuarea cercetărilor. I se comunică deci „lipsa de interes a noului sistem de transmisie" care, fiind „indicat pe mare, i-ar putea interesa cel mult pe englezi". Avînd conștiința împlinirii datoriei cetățenești, tînărul Marconi dă ascultare singurelor cuvinte inteligente ale birocratului său concetățean. În februarie 1896 pleacă în Anglia unde funcționari conștiincioși, vameșii englezi, distrug, în pofida protestelor

tînărului italian, toată aparatura bizară, nemaivăzută, dar poate destinată, după părerea lor, unor scopuri subversive. Fără a se descuraja, cu ajutorul rudelor din partea mamei sale (irlandeză de origine) Marconi își reface aparatele distruse de vameși și brevetează în iunie 1896 invenția telegrafului fără fir. În același an reușește transmisiuni telegrafice la peste 4 km distanță. Primind și ajutorul oficialităților britanice, interesate de invenția sa, realizează transmisiuni la distanțe din ce în ce mai mari după ce în prealabil observase că instalarea antenei emițătorului pe înălțimi cît mai mari îi sporește simțitor bătaia.

În 1897 își instalează antena de emisie pe un catarg înalt din insula Whigt iar aparatul de recepție pe un remorcher închiriat. Ieșit în larg se reîntoarce după cîtva timp satisfăcut deoarece recepționase semnale Morse pînă la circa 30 de km distanță de emițător.

După 4 ani, în 1901, reușește să transmită peste Oceanul Atlantic primele semnale telegrafice (așa cum se va exprima el mai tîrziu, trei puncte reprezentînd litera *S* și costînd 200 000 de dolari).

Realizarea ne apare la adevăratele ei dimensiuni dacă ne gîndim că s-au transmis semnale la peste 3000 km depărtare, lucrînd pe unde lungi, influența paraziților fiind considerabilă, și în condiții de propagare nu foarte bune. Poate la fel de impresionant este faptul că s-a utilizat un receptor fără amplificator, acesta descoperindu-se peste destui ani de la data efectuării epocalei invenții.

Trioda
își dezvăluie calitățile

Detectoare mai bune (galena francezului Tissot, detectorul magnetic al lui Marconi) au permis realizarea unor receptoare cu parametri mai buni. Aproape toate erau însă ca și surde. Un hibrid între casca telefonică și pîlnia fonografului lui Edison ținea loc de difuzor. Se încercau

soluții, se dădeau drept unice și de neînlocuit diverse invenții cărora posteritatea nici nu le reține numele.

Abia către 1910 englezul G.S. Brown realizează un dispozitiv ale cărui caracteristici de fabricație vor fi mult timp modele pentru construcția difuzoarelor. Drept urmare este reținut de istoria radiotehnicii ca unic inventator al difuzorului. Conjugat cu apariția triodei și punerea în evidență a proprietății ei de amplificator, difuzorul a permis lui Lee de Forest realizarea unui ansamblu cu care a putut transmite, pentru prima oară în lume, dar cu rezultate nu foarte bune un concert de la Opera din Chicago.

Lee de Forest nu rămîne numai experimentatorul care a avut inspirația plasării grilei între anod și catod dar și descoperitorul celei mai de seamă proprietăți a triodei (construite de el) amplificarea. Ilustrarea proprietății de amplificare a triodei se face considerînd o triodă montată așa cum se vede în fig. 21.

Rezistența R_g asigură legătura în curent continuu între grilă și punctul de masă. C_{g1} nu permite trecerea tensiunii continue a etajului precedent pe grila triodei. C_{g2} are același rol, nelăsînd ca tensiunea continuă pozitivă a anodului triodei să fie aplicată grilei tubului următor. Permite, la fel ca și C_{g1}, trecerea tensiunii alternative spre grila următorului etaj. De pe rezistența de sarcină R_s se culege semnalul amplificat. Pe carac-

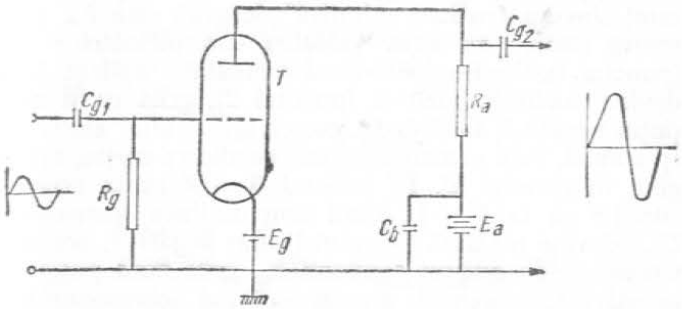


Fig. 21

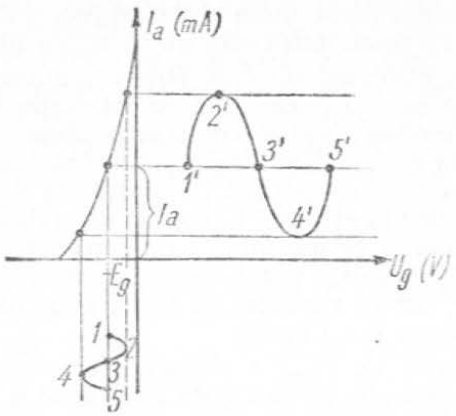


Fig. 22

teristică (fig. 22) se plasează mai întîi punctul de funcționare A (determinat de valoarea sursei de alimentare a grilei și, evident, de valoarea fixă a sursei E_a căreia îi corespunde caracteristica). Tensiunile fiind fixe, punctul este stabil determinînd apariția unui curent continuu I_a. Dacă peste tensiunea continuă aplicată grilei se suprapune un semnal alternativ U_{int} rezultă o variație a tensiunii de grilă în ritmul semnalului aplicat. Corespunzător se va modifica și curentul prin circuitul anodic. Pe rezistența de sarcină R_a va rezulta o cădere de tensiune variabilă, avînd o valoare mult mai mare decît semnalul aplicat la intrare. Astfel, în primul moment, cînd U_{int} se află în punctul 1, avînd amplitudinea zero, singura tensiune „simțită" de grilă este E_g. Curentul anodic va avea valoarea corespunzătoare I_a (punctul 1). Cînd amplitudinea semnalului aplicat U_{int} devine maximă, pozitivă (punctul 2), grila va fi mai puțin negativă, facilitînd trecerea mai multor electroni spre anod. Prin urmare curentul anodic va crește, ajungînd în punctul 2'. În punctul 3 — 3' avem aceeași situație ca la 1 — 1'. Cînd amplitudinea semnalului U_{int} devine maximă (punctul 1), dar negativă, această valoare se va adăuga tensiunii E_g, grila fiind puternic negativată, curentul anodic scăzînd corespunzător (punctul 4'). Trecerea curentului anodic prin rezistența

R_a (de valoare mare) va provoca apariția unei căderi de tensiune variabilă, cu o valoare mult mai mare decît semnalul U_{int} aplicat grilei. Tensiunea la bornele R_a constituie semnalul de ieșire amplificat. Se poate remarca faptul că mărimea semnalului de ieșire depinde atît de tubul folosit (cît de înclinată este caracteristica statică) cît și de mărimea rezistenței de sarcină R_a. Dorind să vedem de cîte ori a fost mărit semnalul obținut la ieșire față de cel de la intrare, vom efectua raportul lor, adică vom calcula amplificarea A a etajului:

$$A = \frac{U_{ieș}}{U_{int}}.$$

Dar $U_{ieș}$ reprezintă căderea de tensiune de la bornele rezistenței R_a, provocată de variația ΔI_a a curentului anodic. Conform legii lui Ohm, $U_{ieș} = R_a \cdot \Delta I_a$.

Variația curentului anodic ΔI_a este provocată de variația tensiunii de grilă ΔU_g. Din expresia factorului de amplificare $\mu = \frac{U_a}{U_g}$ la $I_a = \text{const.}$ rezultă că variația echivalentă a tensiunii anodice este $\Delta U_a = \mu \Delta U_g$. Cum în circuit nu se simte numai efectul rezistenței R_a ci și al rezistenței interne a tubului R_i, va trebui să ținem seama de ea. Putem calcula deci

$$I_a = \frac{\Delta U_a}{R_i + R_a} = \frac{\mu \Delta U_g}{R_i + R_a}.$$

Dar U_{int} este tocmai tensiunea care provoacă variațiile de tensiune pe grilă, deci $\Delta U_g = U_{int}$. Rezultă

$$U_{ieș} = \frac{R_a \cdot \mu U_{int}}{R_i + R_a}.$$

Deci

$$A = \frac{\frac{R_a \cdot \mu U_{int}}{R_i + R_a}}{U_{int}} = \frac{\mu R_a}{R_i + R_a} \quad \text{sau} \quad A = \frac{\mu}{1 + \frac{R_i}{R_a}}.$$

Rezultă că amplificarea maximă a unei etaj cu triodă este egală cu factorul de amplificare μ, putînd fi atinsă numai cînd R_a este infinit. Practic, însă, R_a se ia de 3—4 ori mai mare decît R_i.

Pentru ca radiodifuziunea să se extindă la scară națională sau chiar mondială trebuia rezolvată și problema stațiilor de emisie. Generatoarele cu scîntei ale emițătoarelor radiotelegrafice au fost înlocuite, în perioada 1900—1910, cu generatoare rotative asigurînd frecvențe mai mari, dar nu suficiente. Punerea în evidență a proprietăților de amplificator, apoi de oscilator, ale triodei, au marcat saltul radioului în viața publică.

Încă o funcție pentru triodă

Relevarea proprietății de oscilator a triodei este strîns legată de faptul că într-un circuit format dintr-o bobină și un condensator pot lua naștere oscilații libere, sinusoidale, cu frecvența determinată de inductanța și capacitatea elementelor constitutive. Oscilațiile rezultate sînt, însă, amortizate, adică amplitudinea lor scade în timp pînă ajunge la zero. Pentru ca să aibă amplitudinea constantă, trebuie să întreținem oscilațiile furnizîndu-i din exterior o anumită cantitate de energie, dozată în așa fel încît să aibă ca efect mărirea amplitudinii oscilațiilor. În acest mod se pot compensa pierderile de energie din circuit datorate rezistenței acestuia. Obținerea dozării se face, teoretic, relativ simplu cu ajutorul unui întrerupător și al unei baterii de curent continuu. La fiecare început de perioadă a oscilației se închide întrerupătorul. Bateria va furniza un mic impuls de tensiune care va încărca suplimentar condensatorul. Surplusul dat de baterie este suficient pentru a compensa pierderile din circuit.

Manipularea întrerupătorului nu poate fi făcută oricum. Deschiderea sa trebuie să se facă în momentul în care oscilația a trecut în semialternanța negativă,

pentru ca efectul bateriei să nu fie contrar. Deoarece întrerupătorul trebuie să fie comutat cu o viteză mare (să ne gîndim numai că la o frecvență a oscilațiilor de 50 Hz, comutarea ar trebui să se facă la interval de 20 *ms*) practic, este imposibilă realizarea sistemului cu mijloace obișnuite. Radiotehnicianul german A. Meissner a observat că rolul comutatorului îl poate juca trioda. În principiu trebuie să asigurăm blocarea triodei în timpul semialternanței negative a oscilației generate și conducția ei în timpul celei pozitive. Ori, este suficient să asigurăm pe grila triodei semnale variabile în așa fel încît grila să fie mai puțin negativă în timpul semialternanței pozitive (conducție) și să o negativăm puternic în timpul semialternanței negative (blocare). Rezultă necesitatea unui semnal pe grilă în fază cu oscilația care apare în circuitul oscilant. Pentru a preveni orice neconcordanță între faza semnalelor, putem prelua chiar de la bornele circuitului oscilant o parte din oscilația rezultată. Aplicată pe grila tubului va rezulta efectul dorit. Circuitul prin care se face transferul unei părți din semnalul de la ieșire spre intrare se numește *circuit de reacție*. Se obține, de fapt, nu numai întreținerea oscilațiilor ci și o amplificare a lor. S-ar putea pune întrebarea dacă nu cumva din cauza amplificărilor succesive și a preluării unei părți destul de mici din semnalul de la ieșire, amplitudinea oscilațiilor crește exagerat putînd duce la deteriorări ale circuitului. Răspunsul este, desigur, negativ, întrucît puterea cedată de sursa de alimentare este limitată.

În fig. 23 este reprezentat un oscilator, denumit serie deoarece circuitul oscilant LC este conectat în serie cu sursa de alimentare anodică. Circuitul oscilant este realizat cu bobina L_1 și C. Prin bobina L_2, cuplată cu prima, se preia o parte din semnalul rezultat la bornele circuitului oscilant și prin condensatorul C_g se aplică grilei. Se observă că atît componenta continuă cît și componenta alternativă a curentului anodic trec prin bobina circuitului oscilant. Rezultă că cir-

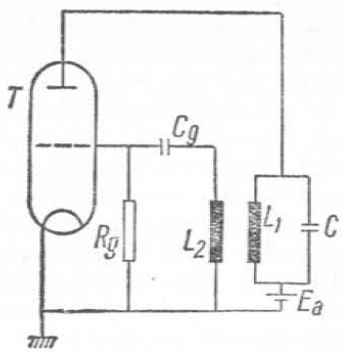


Fig. 23

cuitul oscilant se găsește la potențialul ridicat al sursei anodice, putînd prezenta pericol pentru operatori mai ales cînd tensiunea anodică are valori mari. Pericolul poate fi eliminat, dar în detrimentul costului dispozitivului, utilizînd oscilatoarele paralel, care au circuitul oscilant montat în paralel cu sursa de alimentare anodică. Din fig. 24 se observă că datorită bobinei de șoc L_s și condensatorului de blocaj C_b, cele două componente ale curentului anodic sînt separate. Componenta continuă circulă numai prin sursă și bobina de șoc, iar componenta alternativă numai prin condensatorul de blocaj și circuitul oscilant. Reacția (preluarea unei părți din semnalul de la ieșire și aplicarea

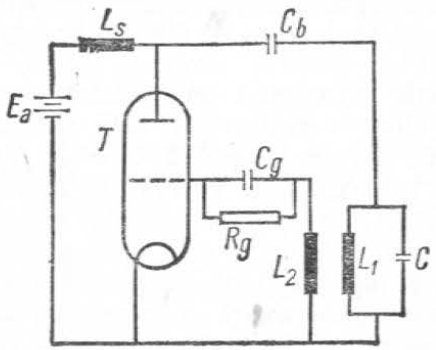


Fig. 24

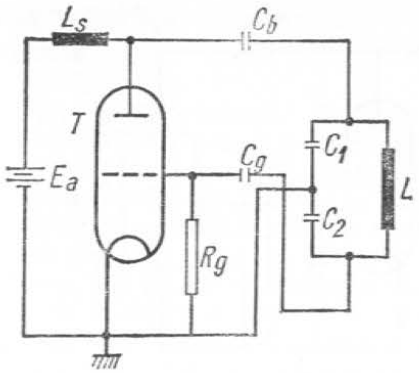


Fig. 25

lui pe grila tubului) este asigurată de bobina L_2 și grupul R_g C_g.

Frecvent utilizate sînt acum așa-numitele *oscilatoare în trei puncte*, numite astfel pentru că trei puncte ale circuitului oscilant sînt legate la cei trei electrozi ai tubului. Cele mai utilizate sînt oscilatoarele Colpitts și Hartley (după numele realizatorilor). Oscilatorul Colpitts, din fig. 25, este un oscilator paralel, în care reacția este asigurată de divizorul de tensiune format din condensatoarele C_1 și C_2 din circuitul oscilant. Modificarea raportului dintre C_1 și C_2 duce la modificarea factorului de reacție, adică a mărimii semnalului preluat pentru a fi aplicat grilei.

Oscilatorul Hartley, fig. 26, asigură cuplajul dintre grila tubului și circuitul oscilant luînd o priză pe bobină. Se remarcă faptul că și acest montaj își justifică denumirea de oscilator în trei puncte. Punctul A al circuitului oscilant se conectează la anod. La catod se leagă al doilea punct al circuitului D, iar cel de al treilea, B, la grila tubului.

Meissner a ajuns la oscilator încercînd să mărească performanțele receptoarelor radio. Prin întoarcerea în circuitul de grilă a unei părți a energiei din circuitul anodic se mărește simțitor sensibilitatea receptorului,

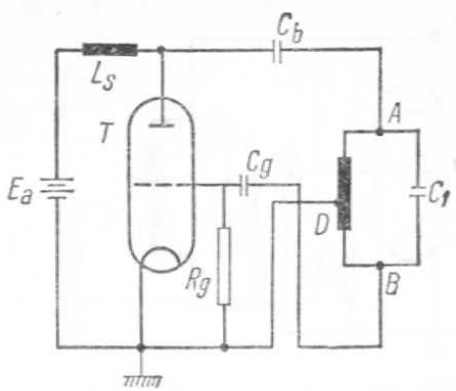


Fig. 26

adică posturi care nu se auzeau înaintea acestei operații pot fi audiate în condițiile cele mai bune. Ori, am văzut că întoarcerea se face prin circuite, denumite de noi circuite de reacție. De la experiențele lui A. Meissner din 1917 — la postul de emisie în care oscilatorul devine piesă de bază, instalat la Pittsburg în 1919, nu este o cale prea lungă. În 1920 se emiteau și se recepționau deja în bune condiții programe muzicale în toată Europa.

Cercetările radiotehnicianului sovietic M.A. Bonci-Bruevici[1] și construirea triodei sale de mare putere cu anod de cupru răcit cu apă, au permis realizarea unor emițătoare cu puteri tot mai mari.

Recepția făcuse și ea progrese însemnate, odată cu patentarea receptorului cu reacție al lui Meissner, cu detectoarele mai bune și, mai ales după 1916, odată cu tetroda lui Schottky (de fapt, reluare și perfecționare a construcției lui Irving Langmuir din 1913).

[1] BONCI-BRUEVICI, Mihail Alexandrovici (1888—1940), om de știință sovietic, creatorul primelor tuburi electronice de mare putere și al unui sistem nou de antene pentru unde scurte.

Familia tuburilor electronice se mărește

Ce noutăți aducea tetroda? Desigur nu numai un electrod nou, al patrulea, ci și avantaje și dezavantaje. Pentru a pune în evidență avantajele să ne gîndim că electrozii triodei sînt plăci sau cilindri distanțați între ei formînd aproape un fel de condensatori. Apar capacități (fig. 27) care în anumite condiții devin supărătoare. Am văzut că trioda lucrează ca oscilator, preluînd de la ieșire o parte din semnal aplicîndu-l intrării, respectiv grilei, prin circuitul de reacție. Ori capacitatea C_{ag} constituie cel mai bun drum pentru semnal, de la ieșire (anod) spre intrare (grilă) chiar cînd nu dorim acest lucru. Efectul este cu atît mai supărător cu cît frecvența semnalului obținut în anod este mai mare (reactanța condensatorului C_{ag} devine mică la frecvențe mari). Trebuia micșorat efectul acestora, electrozii trebuiau ecranați între ei. De aici necesitatea celui de al patrulea electrod care putea fi plasat fie între grilă și catod, fie între anod și grilă. Irving Langmuir a ales prima variantă construind tubul denumit *bigrilă*. Electrodul suplimentar care avea aceeași formă de sită a primit numele de grilă de sarcină spațială. Absorbind aproape jumătate din curentul total al tubului, avea dezavantaje încă de la

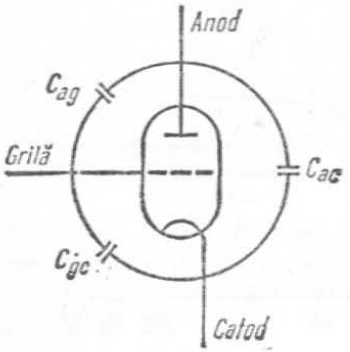


Fig. 27

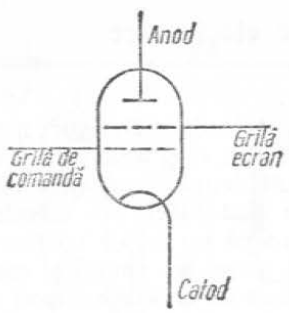


Fig. 28

început. Dînd o putere utilă mică și menținînd la valoare ridicată capacitatea parazită C_{ag} bigrila nu se mai utilizează astăzi.

Germanul W. Schottky a avut ideea de a construi un tub în cea de a doua variantă, cu ecranul plasat între anod și grilă, rezultînd tetroda (fig. 28). Aplicîndu-i grilei ecran un potențial fix pozitiv, o parte din electronii care trec de grilă sînt preluați de noul electrod formînd curentul de ecran. Micșorînd și efectul capacității dintre anod și grilă dar și influența tensiunii anodice asupra curentului, tetroda lui Schottky a însemnat un real progres în evoluția tuburilor electronice. Prezenta, așa cum am spus, și un dezavantaj. Apărea așa-numitul efect dinatron, supărător mai ales la tensiuni mici. Caracteristica unei tetrode fiind cea din fig. 29 se observă o porțiune în care, deși tensiunea

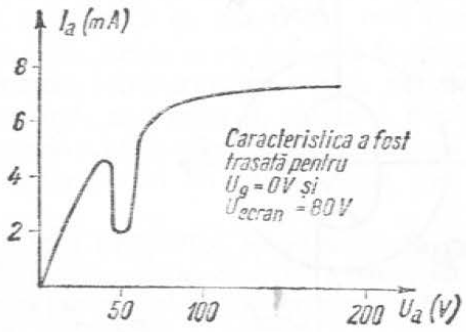


Fig. 29

crește, curentul anodic scade. Anomalia se datorează faptului că electronii, în drumul lor spre anod, trecînd prin ecran, electrod cu potențial pozitiv, sînt puternic accelerați. Ajungînd pe anod cu energie cinetică mare, în ciocnire, cedează energie unora dintre atomii metalului ce formează anodul. Ca urmare, o parte din electroni părăsesc anodul (emisie secundară). Tensiunea pozitivă aplicată anodului fiind, în aceste faze, mai mică decît a ecranului, electronii eliberați prin emisie secundară sînt captați de către ecran, al cărui curent crește. Scade corespunzător curentul anodic. Pe măsură ce tensiunea anodică devine mai mare electronii proveniți din emisia secundară vor fi atrași de anod. Cînd tensiunea aplicată anodului devine mai mare decît tensiunea ecranului toți electronii emiși de anod sînt atrași de acesta. În circuitul exterior nu se mai manifestă efectul. Tetroda a permis construirea unor superheterodine cu performanțe superioare.

Superheterodina

Principiul superheterodinei fusese stabilit între timp prin lucrările mai multor radiotehnicieni. Cel care a stabilit pentru prima oară cea mai bună schemă rămîne încă în disputa istoricilor. De fiecare parte interesată se vine cu argumente și contraargumente. Noi înclinăm înspre același Meissner care ar fi avut ideea construirii superheterodinei. Îi urmează francezul Levy (prin realizarea unei scheme practice), deși ultimul, americanul E. Armstrong[1], nu are merite mai mici decît predecesorii lui. A construit și, poate la fel de important ca și ideea, i-a dat certificat de „liberă trecere" spre marele public. Superheterodina s-a impus astfel, imediat după primul război mondial, ca singurul aparat

[1] ARMSTRONG, Edwin Howard (1890—1954), radiotehnician american. Contribuții în radiotehnică (radioreceptorul cu circuit de reacție, superheterodina, modulația de frecvență).

de recepție cu caracteristici superioare. Principiul ei de funcționare rămîne și astăzi nemodificat. Apariția superheterodinei este urmarea firească a dezvoltării radiotehnicii în perioada următoare inventării triodei. Recepției i se puneau o serie de probleme fundamentale din rezolvarea cărora derivă în mod logic construcția superhetorodinei.

În prima perioadă a dezvoltării radioului, cînd numărul stațiilor de emisie era relativ redus, nu se punea cu atîta stringență problema *selectivității*, adică a posibilității de a selecta din mulțimea semnalelor existente în eter numai pe cel dorit. Era totuși o problemă de luat în considerație. Rezolvarea ei avea să se facă destul de ușor dar, cum vom vedea, unilateral prin introducerea circuitelor oscilante în circuitul de intrare. Aduse la rezonanță prin modificarea unuia dintre elementele constitutive, ele lasă să treacă doar semnalele cu frecvență egală sau aproape egală cu frecvența de rezonanță. Semnalul obținut era, însă, extrem de slab. De aici necesitatea amplificării lui. Trioda oferea posibilitatea unui asemenea proces. Era obligatorie repetarea amplificării și după detecție, adică după ce din semnal era extrasă informația de joasă frecvență capabilă să acționeze difuzorul. S-au folosit diverse dispozitive pentru detector, etajul cheie al unui radioreceptor, explicînd și faptul că primele aparate erau alcătuite dintr-un simplu detector (galena).

În același timp se punea problema posibilității captării semnalelor cît mai slabe, provenind de la stații cît mai îndepărtate. Numită astăzi *sensibilitate*, aceasta constituie unul dintre cei mai importanți parametri ai unui radioreceptor.

În plus, orice semnal trebuia reprodus cît mai fidel, de unde un alt indicator de calitate, *fidelitatea*. Trioda rezolvase mare parte din probleme. Sensibilitatea, mai ales, ajunsese mulțumitoare. Dar selectivitatea rămăsese o problemă deschisă. Pentru a vedea cauza, să examinăm mai pe larg circuitele oscilante utilizate frecvent în radiotehnică. Formate de obicei dintr-o

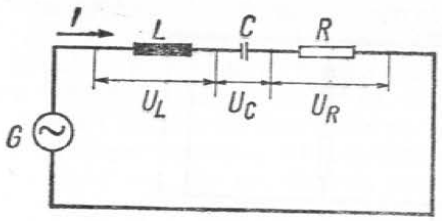


Fig. 30

bobină și un condensator există circuite oscilante serie, cînd cele două elemente sînt conectate în serie, și circuite oscilante paralel (sau derivație) cînd elementele sînt legate în paralel. Evident și generatorul se va lega în primul caz în serie iar în al doilea caz în paralel cu ansamblul celor două elemente. Nici bobina, nici condensatorul nu pot fi considerate ca elemente ideale, posedînd nu numai inductanță L, respectiv capacitate C, ci și rezistență R. Din aceste motive se studiază circuitele RLC, în care rezistența R înglobează toate rezistențele din circuit. Circuitul oscilant serie RLC este reprezentat în fig. 30. Spunem că circuitul se află la rezonanță cînd frecvența proprie a circuitului este egală cu frecvența generatorului, amplitudinea semnalului fiind maximă. În cazul circuitului serie interesează curentul, care va fi maxim cînd reactanțele elementelor reactive, X_L și X_C, sînt egale $X_L = X_C$.

Cum $X_L = \omega L$; $X_C = \frac{1}{\omega C}$;

rezultă $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ sau $\omega^2 = \frac{1}{LC}$ sau $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Deoarece $\omega = 2\pi f$ rezultă frecvența de rezonanță

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

În cazul circuitului oscilant derivație din fig. 31 tensiunea va fi maximă, frecvența de rezonanță fiind calculată cu aceeași formulă. Se presupune că alimentarea se face de la un generator care furnizează un curent constant.

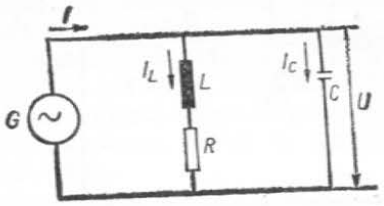


Fig. 31

La ambele tipuri de circuite oscilante interesează însă și întinderea plajei de frecvență din jurul frecvenței de rezonanță pentru care semnalul la ieșire rămîne comparabil cu cel maxim (la rezonanță), adică lărgimea de bandă sau, pe scurt, banda. Reprezentînd semnalul de la ieșire (curent în cazul circuitului serie sau tensiune pentru cel paralel) în funcție de frecvență (fig. 32), în jurul frecvenței de rezonanță avem valoarea maximă. Banda se definește ca diferența frecvențelor f_1 și f_2 pentru care semnalul de ieșire scade la 70% din valoarea maximă de la rezonanță. În general, pentru circuitele oscilante simple, serie sau paralel, banda se calculează cu formula $B = \frac{f_0}{Q}$ unde Q este factorul de calitate al circuitului. Pentru un factor de calitate mic banda este mai mare, putînd trece în aproape aceleași condiții, semnale cu frecvențe mult diferite față de frecvența de rezonanță. În schimb, unui factor de calitate mare îi corespunde o curbă ascuțită, banda fiind mai mică, deci circuitul mai selectiv. Factorul de calitate este asigurat

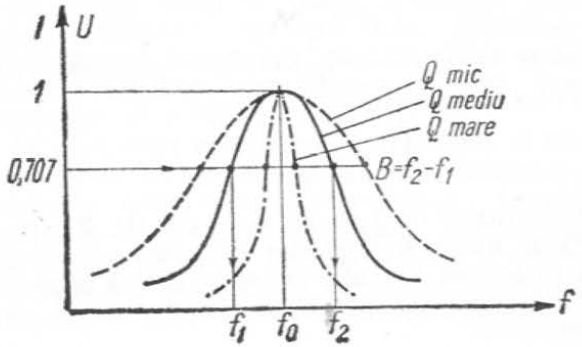


Fig. 32

la o valoare fixă, dorită, prin construcția elementelor care alcătuiesc circuitul oscilant. Dar banda este dependentă și de frecvența de rezonanță a circuitului. Pentru recepționarea posturilor ce emit pe frecvențe mari, trebuie circuite cu frecvența de rezonanță mare. Obținerea ei nu constituie un impediment. Un condensator variabil permite modificarea frecvenței de rezonanță a circuitului oscilant în limite destul de largi. Dar, spre frecvențe de rezonanță mari, la același Q, banda crește nepermis de mult, scăzînd mult selectivitatea, prin faptul că permite trecerea unor semnale cu frecvență mult diferită, provenind uneori chiar de la alte posturi de emisie. În plus, și amplificarea unui etaj avînd sarcina un circuit acordat variază cu frecvența. De asemenea, trebuie modificate toate frecvențele de rezonanță ale circuitelor din receptor, deoarece mai toate neajunsurile se datorează doar modificării frecvenței. De aici a pornit și ideea superheterodinei. *Indiferent de frecvența semnalului emis de post și recepționat, toate circuitele receptorului să lucreze pe aceeași frecvență.* Prin urmare este necesară schimbarea frecvenței, transpunînd informația din unda recepționată pe o altă frecvență fixă.

Ilustrarea acestei schimbări se poate face considerînd că unui element numit schimbător, convertor sau mixer îi aplicăm două semnale de amplitudini și frecvențe diferite (fig. 33). La ieșire va lua naștere un sem-

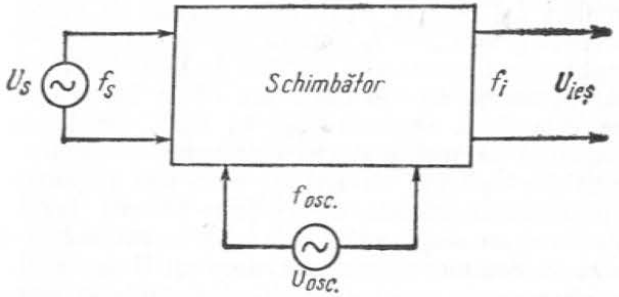


Fig. 33

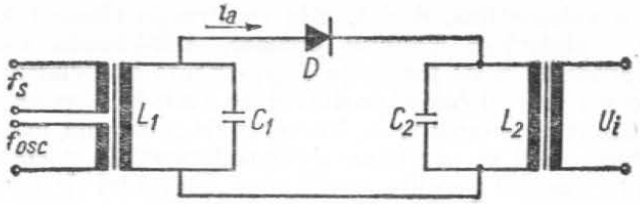


Fig. 34

nal rezultat din amestecul celor două semnale aplicate intrării oricărui element neliniar care, în principiu, poate fi o diodă cu vid sau semiconductoare, triodă sau tranzistor etc. Vom ilustra principiul în fig. 34 utilizînd ca element neliniar o diodă semiconductoare întrucît, așa cum vom vedea în schema televizorului, în afara schimbătorului de frecvență propriu-zis, există un etaj, detectorul de videofrecvență, în care se folosește exact acest principiu. Introducerea diodei semiconductoare cu același principiu de funcționare ca și dioda cu vid, acum, nu va constitui un impediment.

Se aplică intrării etajului atît semnalul cu frecvență f_s recepționat, cît și semnalul cu frecvența f_{osc} creat într-un bloc separat. Amplitudinea și frecvența lor sînt diferite. La ieșire, în catodul diodei, se obțin semnale cu amplitudini diferite și cu frecvențele f_s, $2f_s$, $3f_s$ ..., f_{osc}, $2f_{osc}$, $3f_{osc}$..., $f_s + f_{osc}$, $f_s - f_{osc}$, în general $mf_s \pm nf_{osc}$, m și n fiind numere întregi. Circuitul L_2C_2 de la ieșire este acordat de obicei pe frecvența $f_i = f_{osc} - f_s$ numită frecvență intermediară. Amplitudinea semnalului rezultat la ieșire va fi variabilă. Urmărind fig. 35 observăm că în momentele în care cele două semnale sînt în fază, amplitudinea semnalului pe anodul diodei este suma amplitudinilor semnalelor aplicate intrării iar cînd sînt în antifază, amplitudinile semnalelor de la intrare se scad, rezultînd un semnal cu amplitudine mai mică în catodul diodei. Dioda va conduce numai atît timp cît îi sînt aplicate semialternanțele pozitive, rezultînd un curent în pulsuri, iar la ieșire un semnal care urmărește valoarea de vîrf

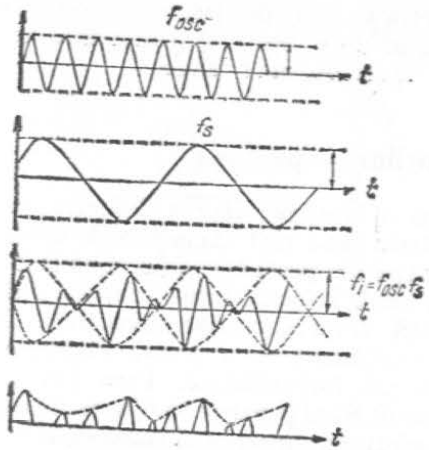


Fig. 35

a acestora, avînd frecvența f_i. În mod cert, dacă unul dintre semnalele aplicate intrării are amplitudinea variabilă iar celălalt constantă, semnalul de la ieșire va prelua numai variația amplitudinii primului semnal.

În cazul în care se aplică semnalele pe același electrod al elementului neliniar conversiunea (schimbarea) se numește *aditivă*, deoarece frecvența semnalului de ieșire este o sumă sau o diferență a frecvențelor semnalelor aplicate. Dacă utilizăm ca element neliniar un tub electronic cu mai multe grile, aplicînd un semnal pe o grilă iar celălalt pe o altă grilă, în anod va rezulta un curent anodic determinat de produsul lor, conversiunea numindu-se *multiplicativă*.

Asigurînd o mai bună separare a celor două circuite se folosește în majoritatea receptoarelor cu tuburi. Schimbarea de frecvență, specifică superheterodinei, a pus însă și cîteva probleme deosebite, rezolvate în timp însă destul de ușor. Astfel, este posibilă apariția unui semnal la intrare, avînd frecvența egală cu f_i. El ar trece nestingherit prin circuite suprapunîndu-se semnalului util, producînd zgomote. De asemenea pot apare așa numitele frecvențe imagine, adică semnale cu

frecvența simetrică față de frecvența oscilatorului. În ambele cazuri este necesară eliminarea lor, ușor realizabilă cu ajutorul unor filtre.

Regina tuburilor — pentoda

Superheterodina a însemnat ieșirea definitivă în lume a radioului, căruia nu-i mai rămîneau de făcut decît unele retușuri. Apariția pentodei olandezului B. Tellegen în 1925 realiza unul. În scurt timp, pentoda a devenit, alături de triodă, favorita radiotehnicienilor. Cu performanțe net superioare, ea a permis obținerea unor scheme substanțial îmbunătățite. Pare puțin curios faptul că au trebuit 8 ani pentru a se ajunge, în căutările de eliminare a efectului dinatron al tetrodei, la o soluție atît de simplă ca introducerea unui nou electrod. Explicația este și ea destul de simplă. Trebuie să avem în vedere faptul că mecanismul apariției efectului dinatron nu se cunoștea atît de bine. Acum știm că se datorează electronilor proveniți din emisia secundară a anodului. Pentru a nu mai fi atrași de ecran, cînd potențialul acestuia este mai mare decît al anodului, trebuia creată o barieră între anod și ecran. Este tocmai rolul jucat de supresor, legat la potențialul catodului, care suprimă trecerea electronilor proveniți din emisie secundară. Cu factor de amplificare și rezistență internă foarte mari, este folosită frecvent ca amplificator de tensiune sau de putere. Un neajuns aparent îl constituia, ca dealtfel și la tetrodă, necesitatea unei noi surse de alimentare pentru ecran. Adăugată celor trei surse de alimentare cerute de triodă rezulta o creștere substanțială a costului montajului numai datorită lor. Am văzut că posibilitatea negativării automate a grilei a înlăturat una. Același lucru se putea face și în cazul ecranului. Inițial s-a recurs la un divizor de tensiune pur rezistiv (fig. 36). Valorile rezistențelor R_1 și R_2 trebuie să fie mici pentru ca variațiile curentului de ecran la variația normală a tensiunii de grilă să nu provoace căderi de tensiune variabile, de valori

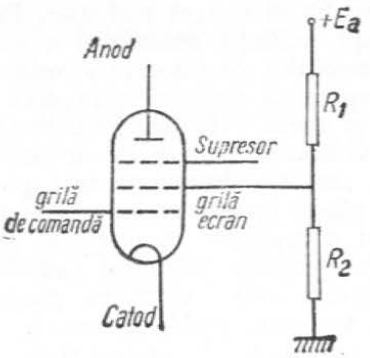


Fig. 36

mari. Adăugate căderii de tensiune, provocată de curentul ce parcurge în mod normal divizorul, ar modifica, în mod nepermis, tensiunea aplicată ecranului. Fiind neeconomic, acest mod de alimentare a ecranului a fost înlocuit cu altul derivînd, de fapt, din primul. Rezistența R_2 este înlocuită cu un condensator de decuplare, de valoare suficient de mare. La variații rapide ale curentului de ecran tensiunea pe condensator nu se modifică, menținînd constant potențialul ecranului. Ulterior au apărut și tuburile multigrile, cu șase electrozi (hexode), cu șapte electrozi (heptode) utilizate astăzi ca schimbătoare de frecvență. În perioada următoare anului 1935 au apărut și tuburile multiple înglobînd în aceeași incintă două sau mai multe sisteme de electrozi (duble diode, duble triode, triode-pentode etc.).

Modulația

S-a crezut că introducerea modulației de frecvență pune punct aspirației de „spre mai bine" în radiotehnică. Să amintim tipurile de modulație utilizate și mecanismul formării lor.

Printr-o definiție puțin rigidă, prin modulație se înțelege prelucrarea semnalului de transmis în așa fel

încît transmiterea lui să se facă mai ușor. Prelucrarea înseamnă, de fapt, variația unuia sau a mai multor parametri ai semnalului purtător în ritmul mesajului de transmis. Reprezintă procesul prin care semnalul provenit de la o sursă primară (microfon în cazul sunetelor, tub videocaptor în cazul imaginilor) este pregătit pentru „marele drum" parcurs pînă la un anume receptor plasat într-un anumit loc (comunicații profesionale) sau o mulțime de receptori împrăștiați pe o suprafață foarte mare (telefonul, radiodifuziunea, televiziunea radiodifuzată). Ușurarea propagării lor prin mediile de transmis (cabluri, aer etc.) nu este singurul scop al modulației. În același timp se asigură posibilitatea transmisiunilor multiple dar și o mai mare stabilitate față de intrușii de pe parcurs, perturbațiile.

O mărime cu variație sinusoidală în timp, indiferent de natura ei se poate scrie sub forma

$$y = A \cos (\omega t + \varphi)$$

unde A reprezintă amplitudinea oscilației, ω este pulsația iar φ este faza inițială. Oscilația cu toți trei parametrii constanți nu este purtătoare de informații. Făcînd audibil un asemenea semnal ar rezulta doar un fluierat continuu, cu aceeași intensitate care nu ar spune nimic. Variind, într-un interval de timp dat, amplitudinea semnalului doar între două valori oarecare, s-ar auzi o variație a intensității, însemnînd deja un mesaj.

Evident, amplitudinea poate varia într-un ritm dat de mesajul de transmis. Rezultă *modulația de amplitudine*. Este cel mai vechi tip de modulație, utilizat de la începutul telecomunicațiilor. Se poate ilustra procesul considerînd o oscilație reprezentată în fig. 37 *a*, avînd toți parametrii constanți, $U =$ const, $f_0 =$ const, $\varphi_0 =$ const. Presupunem că dorim să transmitem un mesaj reprezentat prin semnalul sinusoidal din fig. 37 *b*, avînd frecvența f_m mult mai mică decît semnalul inițial. S-ar putea reproșa exemplului ales că este prea imaginar, că anume l-am ales sinusoidal pentru a simplifica problema, că în realitate mesajele

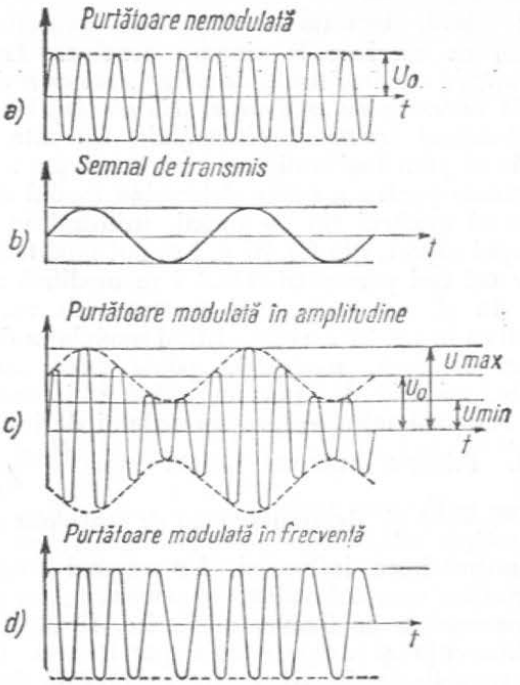


Fig. 37

de transmis au forme care se abat cu mult de la forma sinusoidală și că, de fapt, un mesaj sinusoidal nu spune mare lucru. Nimic mai adevărat decît ultima parte a reproșurilor. Mesajele sinusoidale nu spun aproape nimic. Făcute audibile cu ajutorul unui difuzor, ele se traduc printr-un fluierat ascuțit, continuu, dacă frecvența este relativ mare și amplitudinea constantă sau un fluierat grav, „valsat", dacă frecvența este foarte mică și amplitudinea lent variabilă. Dar, în același timp, contraargumentul este că orice semnal, indiferent de formă, se descompune într-un număr mai mare sau mai mic de semnale sinusoidale. Ele diferă între ele prin amplitudine, frecvență sau fază.

Acest adevăr teoretic confirmat de evoluția radiotehnicii ne conduce la singura concluzie logică: *în transmiterea oricărui mesaj de orice formă ar fi el, putem aprecia sistemele de modulație utilizate după modul în care transmit semnalele sinusoidale.* Cu alte cuvinte trebuie să știm mai întîi cum sînt transmise semnalele sinusoidale pentru a putea determina modul de transmitere al oricărui tip de mesaj, utilizînd modulația. Oscilației suport, din fig. 37 *a*, i se pot modifica oricare dintre cei trei parametri. Dacă i se modifică amplitudinea în ritmul semnalului de transmis rezultă un semnal ca în fig. 37 *c*, reprezentînd modulația de amplitudine. Evident, modulația poate avea intensități diferite, mesajul de transmis avînd o influență mai mare sau mai mică asupra semnalului de înaltă frecvență. Printr-o mărime notată $m = \frac{U_0 - U_{min}}{U_0} = \frac{U_{max} - U_0}{U_0}$ și denumită *grad de modulație* se poate aprecia mărimea influenței. Un semnal modulat în amplitudine este echivalent cu suma a trei semnale pur sinusoidale de frecvențe diferite. Unul dintre ele are frecvența și amplitudinea purtătoarei. Celelalte două, repartizate simetric ca frecvență, față de primul, denumite din această cauză laterale, au amplitudinea mai mică, egală cu $\frac{mU_0}{2}$. Ansamblul celor trei semnale sinusoidale formează *spectrul* semnalului modulat în amplitudine (fig. 38).

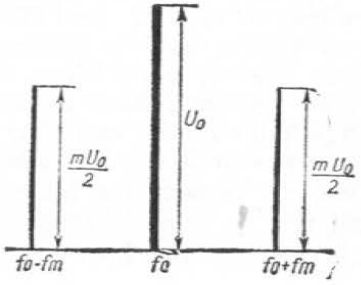
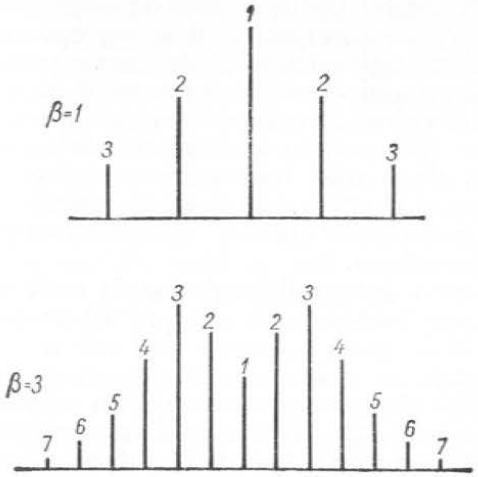


Fig. 38

Fig. 39



Dacă variem frecvența în ritmul semnalului purtător de informații rezultă *modulația de frecvență*. Se poate observa, din fig. 37 *d*, că unda rezultată va avea frecvență variabilă, mai mare (oscilații mai dese), în porțiunile corespunzătoare creșterii semnalului de transmis și mai mică (oscilații mai rare), în porțiunile în care semnalul de transmis scade. Influența semnalului modulator se determină în acest caz prin indicele de modulație β. Spre deosebire de modulația de amplitudine, spectrul este mai bogat, teoretic infinit. Creșterea indicelui de modulație duce la creșterea numărului de componente care alcătuiesc spectrul. De exemplu, pentru o undă modulată cu un semnal sinusoidal, cu $\beta=1$ spectrul cuprinde 5 componente remarcabile iar pentru $\beta=3$ numărul lor crește la 13 (fig. 39). În plus, componenta cu amplitudinea cea mai mare nu mai este întotdeauna cea corespunzătoare frecvenței purtătoarei ci componentei de ordin apropiat lui β. Apariția modulației de frecvență, în perioada anilor 1933—1939, datorată lucrărilor radiotehnicianului american E. Armstrong, a însemnat un cîștig important în acea vreme pentru radiodifuziune și pentru radiotehnică în general. De

fapt încă din secolul trecut Helmholtz observase că în fenomenul de bătăi, atunci cînd se suprapun două sunete de intensități diferite și de frecvențe puțin diferite, are loc și o mică variație a frecvenței sunetului rezultat. În televiziune se utilizează mai ales modulația de amplitudine (pentru calea de imagine) și de frecvență (pentru calea de sunet). Televiziunile din Franța și Anglia folosesc și pentru calea de sunet modulația de amplitudine, mai ușor de realizat tehnic dar mai puțin stabilă la perturbații.

Trebuia cucerit și terenul lungimilor de undă mici. Realizarea acestui deziderat a fost posibilă destul de repede. Tuburi de înaltă frecvență, apoi tuburi pentru frecvențe ultraînalte și-au făcut apariția în perioada dintre cele două războaie mondiale. Acestea și modulația de frecvență au dat radiodifuziunii siguranța transmisiunilor fără perturbații mari. Este și motivul pentru care modulația de frecvență este folosită pentru transmisiunea sunetului aferent imaginii televizate în aproape toate stațiile de televiziune, sau, așa cum vom vedea, în televiziunea în culori, pentru transmiterea semnalelor de crominanță.

Televiziunea electronică

Se poate considera, acum, cînd știm marile etape de dezvoltare ale electronicii, implicit ale televiziunii, că inventarea triodei a determinat cele mai mari schimbări într-un domeniu în care aproape fiecare realizare este spectaculoasă. Relevarea proprietăților de amplificator și oscilator a permis utilizarea triodei într-o instalație de televiziune considerată de mulți istorici ca fiind prima completă. Aceasta a fost realizată de scoțianul John Logie Baird[1] în 1924 cînd, utilizînd

[1] BAIRD, John Logie (1888—1946), inventator englez. A realizat prima emisiune televizată cu un aparat de construcție proprie (1926) și prima emisiune de televiziune în culori (1928).

la emisie un disc Nipkow și amplificatoare, iar la recepție un tub Braun și amplificatoare cu triode a reușit să obțină silueta unei cruci de Malta. La 2 octombrie 1925, după ce adusese cîteva îmbunătățiri instalației, obținea pe ecranul tubului Braun o imagine destul de bună a primului om televizat din lume. Era un băiat de 15 ani, plătit cu o jumătate de liră pentru a avea curajul să stea sub lumina reflectorului, într-o cameră învecinată, în fața unei ciudate instalații zgomotoase. Devenită în anii noștri piesa cea mai importantă a muzeului științific de la South-Kensington, de lîngă Londra, aparatura lui Baird, semănînd mai degrabă cu o instalație de distilat decît cu una de emisie-recepție, a încununat eforturile de decenii ale sutelor de cercetători care aveau un singur gînd: transmiterea imaginilor în mișcare cu o finețe cît mai mare și cît mai natural posibil. Dar această instalație prin utilizarea discului Nipkow, era condamnată la o viață scurtă. Acum știm că niciodată nu s-ar fi reușit transmiterea imaginilor cu o finețe atît de bună ca acum, cu sincronizarea perfectă a receptoarelor cu emițătorul dacă în timp nu s-ar fi înlocuit discul Nipkow cu alte dispozitive mai bune, mai silențioase. Pe lîngă meritul incontestabil de a fi obținut prima imagine televizată, Baird rămîne și primul tehnician care utilizează amplificatoarele în televiziune, fiind în același timp și vizionarul care a indicat posibilitatea realizării televiziunii în culori. În 1928 a construit un aparat, bazat pe principii rămase valabile și astăzi, cu care a făcut cîteva demonstrații practice. Crezînd cu tărie în invenția sa, Baird reușește să instaleze, în 1929, la Daventry un post de emisie experimental, funcționînd pe unde lungi și transmițînd emisiuni regulate de televiziune în alb-negru Rezultatele erau mai mult decît promițătoare, deși finețea imaginii era extrem de scăzută, cu numai 30 de linii pentru o imagine explorată de 12,5 ori pe secundă. Perfecționările ulterioare au permis ca în 1932 să se obțină o imagine cu o finețe mult mai mare, aceasta fiind descompusă de data aceasta în 180 de linii de explorare. Succesele

experimentărilor din Anglia au determinat introducerea stațiilor experimentale și în alte țări. În S.U.A. (încep în 1930) ajung în 1934 la o finețe de 343 de linii cu imaginea explorată de 30 de ori pe secundă. În 1940 societatea „National Broadcasting Company", care emitea din 1939 emisiuni regulate de televiziune, ajunsese la 441 de linii. În anul următor este adoptat de către autorități, prin organismul special creat — „National Television System Committee" — ca standard național, sistemul de 525 de linii și 30 de imagini pe secundă. Utilizînd iconoscopul, o invenție anterioară, era, deci, un standard realizabil doar cu mijloace electronice. În Europa, în afara realizărilor din Anglia, încep în Franța, la 10 noiembrie 1935, emisiuni regulate de televiziune cu o analiză de 180 de linii. Studioul era instalat în strada Grenelle, în localul Școlii superioare de P.T.T., iar emițătorul în vîrful turnului Eiffel. În același timp însă, în laboratoarele marilor firme, se pregătea elementul care avea să devină hotărîtor în dezvoltarea televiziunii, dispozitivul preconizat teoretic de Campbell-Swington încă din 1908, denumit de inventatorul său Vladimir Kosma Zworykin[1], iconoscop. Cu el televiziunea intră în etapa sa contemporană devenind cu adevărat electronică, fiind capabilă să facă definitiv uriașul salt din laboratoare spre marele public.

Un ochi electronic

Un nume care avea să se impună în etapa contemporană a televiziunii, este acela al lui Vladimir Kosma Zworykin, fost elev al savantului Boris Rozing. Vladimir Kosma Zworykin patentează în 1923 un tub de emisie denumit iconoscop, după numai cîteva luni de la breve-

[1] ZWORYKIN, Vladimir Kosma (n. 1889) inginer american de origine rusă. A inventat, independent de S. I. Kataev, iconoscopul (patentat în 1931), un sistem de televiziune în culori etc.

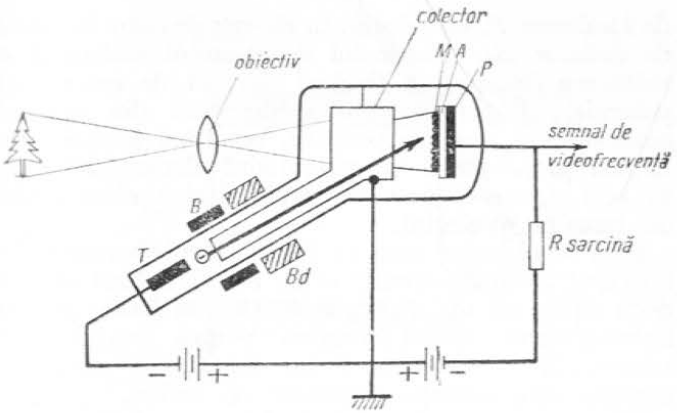


Fig. 40

tarea dispozitivului asemănător iconoscopului al radiotehnicianului sovietic S.I. Kataev. După ce între timp îi adusese mai multe îmbunătățiri, abia în 1931 îl face utilizabil. Este un tub cu vid înaintat, prevăzut cu un mozaic *M* alcătuit din cîteva milioane de particule de oxid de argint metalice (fig. 40) constituind celule fotoelectrice minuscule. Particule metalice sînt depuse de o placă subțire de mică izolată *A* metalizată pe cealaltă parte *P*. Fiecare element al mozaicului formează un condensator elementar. Printr-un sistem optic se proiectează imaginea de televizat pe mozaic și prin efect fotoelectric, fiecare element al mozaicului eliberează un număr mai mare sau mai mic de electroni, după cum porțiunea de imagine care îi revine este mai mult sau mai puțin luminoasă. Electronii eliberați sînt captați de un electrod (învelișul metalic al iconoscopului) conectat la o tensiune pozitivă. Prin pierderea unor sarcini negative, elementul de mozaic rămîne cu sarcini electrice pozitive necompensate. Diferitele puncte ale mozaicului avînd potențiale pozitive mai mari sau mai mici formează în acest mod un relief de potențial care poate fi socotit o imagine electrică a scenei de transmis pe mozaic. Un fascicul de electroni produs de tubul electronic *T*, focalizat de bobinele

de focalizare B, este deviat în zig-zag de către bobinele de deflexie B_d. Fasciculul de electroni realizează o măturare (baleiere) a fiecărui element de mozaic cu potențiale pozitive diferite. Electronii din fascicul neutralizează sarcinile pozitive, rezultînd la ieșire un impuls proporțional cu potențialul elementului citit în acel moment, deci cu luminozitatea elementului de imagine proiectat.

Deși se obținuse ceea ce inventatorul denumea un adevărat „ochi electronic" el nu a fost utilizat efectiv decît cîțiva ani mai tîrziu, în încercările făcute pentru îmbunătățirea fineței imaginii pentru introducerea televiziunii electronice. Strîns legată de succesele acesteia este evoluția tuburilor de emisie.

Din punct de vedere istoric iconoscopul nu a fost primul tub de emisie construit ci așa-numitul disector de imagini realizat în 1925 de Dieckman și Hell și modificat în 1928 de către Fransworth. Performanțele acestuia erau inferioare iconoscopului și de aceea televiziunea a utilizat iconoscopul. Acum, disectorul de imagini se folosește mai mult în televiziunea industrială, și aici numai după ce i-a fost atașat un alt dispozitiv numit *multiplicator de electroni*.

Imaginea este proiectată printr-un obiectiv pe un fotocatod semitransparent. Fiecare punct al fotocatodului emite un număr de electroni proporțional cu iluminarea în punctul respectiv. Datorită cîmpului electric, creat între anod și fotocatod, și cîmpului magnetic, uniform, creat de bobina de focalizare, electronii se deplasează spre anod formînd în fața acestuia imaginea electrică a scenei proiectate pe fotocatod. Cîmpurile magnetice create de perechile de bobine de deflexie deplasează această imagine după două direcții perpendiculare. Astfel, prin orificiul central al anodului trec, la un moment dat, numai electronii corespunzători unui anumit element de imagine. Prin amplificarea lor de către multiplicatorul electronic rezultă la ieșire un semnal destul de mare, a cărui intensitate este proporțională cu iluminarea elementului de imagine considerat.

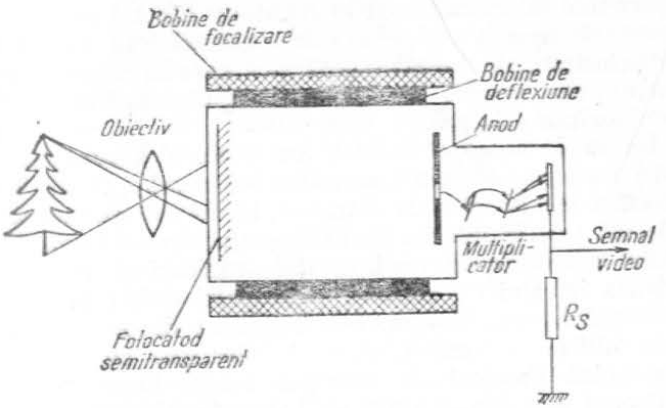


Fig. 41

Funcționarea multiplicatorului se bazează pe fenomenul de emisie electronică secundară. Fiecare electron vine cu viteză mare și cade pe suprafața unui electrod (numit aici dinod) al multiplicatorului, provocînd emisia unui număr oarecare de electroni (fig. 41). Atrași de al doilea dinod, conectat la o tensiune pozitivă mai mare, fiecare electron va provoca emisia altora rezultînd în acest mod la ieșire un număr mare de electroni pentru fiecare electron incident pe primul dinod.

Ce știți despre orticon?

De fapt, dacă pentru disectorul de imagini fenomenul de emisie secundară este util, pentru alte tuburi videocaptoare este nedorit. De exemplu, iconoscopul inițial, construit de Zworykin în 1923 era nefolosibil datorită, printre altele, fenomenului de pată neagră. Aceasta este provocată de electronii care, după emisie, neajungînd la electrodul de colectare, cad înapoi, compensînd un număr oarecare de sarcini pozitive. Se micșorează astfel potențialul pozitiv al elementului de mozaic respectiv, iar elementul de imagine corespunzător

apare mai întunecat decît în realitate. Efectul se compensează ușor astăzi, pe cale electrică sau optică. În principiu, se creează o pată albă care se suprapune peste pata neagră anulînd-o, imaginea apărînd cu luminozitatea inițială.

De la iconoscopul inițial (cu toate dezavantajele sale) s-a ajuns — prin inventarea orticonului, în 1939, de către A. Rose[1] și M. Iams —, la un tub de emisie adecvat televiziunii din acel timp, atunci cînd aproape toate emisiunile se realizau din studiouri și puteau asigura imagini de calitate. Principalul defect al iconoscopului, pata neagră, este înlăturat de astă dată prin utilizarea unui fascicul de electroni cu viteză mai mică (fascicul de electroni lenți). Constructiv, orticonul este format dintr-un balon de sticlă (fig. 42) care are o placă de mică, subțire, metalizată pe o parte și cu un mozaic fotosensibil (particule de anti-

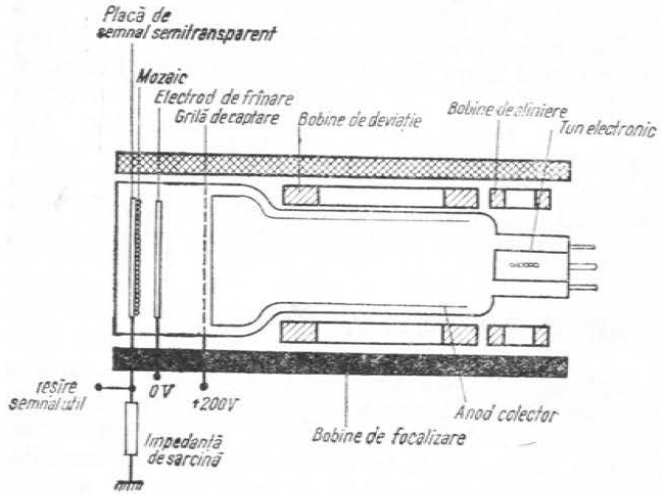


Fig. 42

[1] ROSE, Albert (n. 1910), fizician american, inventator al orticonului și al superorticonului. A condus programul de realizare a vidiconului.

moniu activat cu cesiu) pe cealaltă parte. Partea metalizată este transparentă iar fotocelulele elementare care s-au format sînt astfel dispuse încît fiecare este izolată din punct de vedere electric de cele învecinate. Pe mozaicul fotosensibil este proiectată prin placa transparentă, cu ajutorul unui sistem optic, imaginea ce trebuie transmisă. Fiecare fotocelulă elementară eliberează prin efect fotoelectric un număr de electroni proporțional cu iluminarea elementului de imagine ce îi revine. Astfel, în punctele mai luminoase ale imaginii, prin plecarea mai multor electroni, rămîn mai multe sarcini pozitive necompensate, deci un potențial pozitiv mai ridicat. În punctele cu luminozitate mai mică potențialul va fi mai mic, punctele corespunzătoare negrului au un potențial nul. Rezultă în acest mod un relief de potențial care reprezintă imaginea electrică a scenei de transmis. Un fascicul de electroni produs de tunul electronic (analog celui din tubul cinescop) explorează, sub acțiunea cîmpului produs de bobinele de deflexie, linie cu linie, imaginea electrică care s-a format pe mozaic. Diferitele puncte ale acesteia captează din fascicul un număr mai mare sau mai mic de electroni, după cum potențialul său pozitiv este mai mare sau mai mic, deci corespunzător luminozității mai mari sau mai mici a scenei de transmis. Restul electronilor din fascicul sînt captați de un anod colector, conectat la o tensiune pozitivă mare, care determină pe rezistența de sarcină o cădere de tensiune ($U=RI$), proporțională cu iluminarea punctului respectiv. Primele orticoane aveau o sensibilitate de aproape 5 ori mai mare decît a iconoscopului. În plus aveau și avantajul randamentului mai mare, o stabilitate mult mai bună, fiind, în același timp, lipsite de fenomene secundare. Dezavantajele orticonului (sensibilitate ridicată la scenele puternic luminate, imposibilitatea utilizării în cazul scenelor foarte mobile datorită faptului că înregistrarea imaginii ca relief de potențial durează aproximativ 1/25 secunde etc.), au fost corectate pe parcurs, orticoanele actuale fiind utilizate cu succes în studiourile moderne de televi-

ziune, pentru realizarea unor imagini de o deosebită valoare artistică.

Prin modificarea unor elemente s-au obținut tuburi videocaptoare cu performanțe superioare ca supericonoscopul și superorticonul. Practic însă, așa cum am mai spus, datorită sensibilității destul de mici și a efectului de pată neagră, supericonoscopul nu mai este utilizat în televiziunea radiodifuzată, fiind folosit doar în televiziunea industrială. În televiziunea radiodifuzată se întrebuințează, în special, superorticoanele și vidicoanele.

Vedetă a studiourilor de televiziune

Realizat în 1943 de către americanii A. Rose, P. Weimar și A. Law, pe principii stabilite cu 5 ani în urmă de către savantul sovietic G.V. Broude, superorticonul a devenit rapid o „vedetă" a studiourilor, dovedindu-se a fi singurul tub videocaptor care permite realizarea

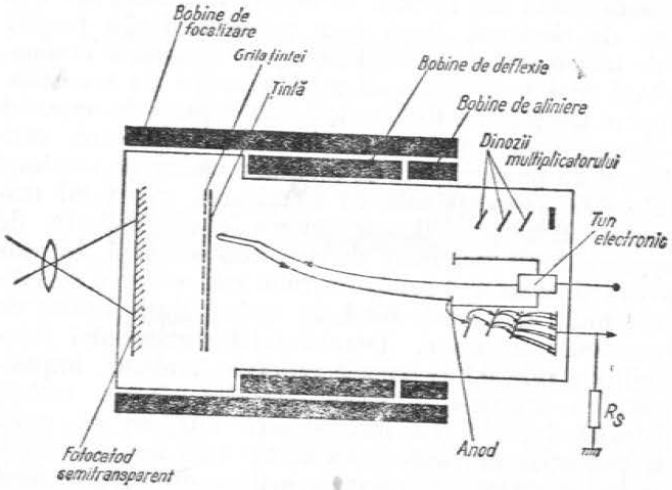


Fig. 43

unei mari varietăți de emisiuni de foarte bună calitate. Dată fiind utilizarea sa frecventă îl vom analiza detaliat. Mai complex decît celelalte tuburi videocaptoare, superorticonul (fig. 43) conține într-un balon de sticlă vidat un fotocatod semitransparent pe care, printr-un sistem optic, se proiectează imaginea ce urmează să fie transmisă. Proporțional cu iluminarea fiecărui punct al imaginii, datorită efectului fotoelectric, un număr mai mare sau mai mic de electroni părăsesc fotocatodul. Simplificat, mecanismul de formare a imaginii este arătat în fig. 44, unde se observă că, pentru o porțiune neagră a imaginii de transmis, de pe fotocatod nu pleacă nici un electron. O zonă mai luminată a imaginii eliberează un electron, iar una cu luminozitate mărită doi electroni. Fluxul de electroni eliberați,

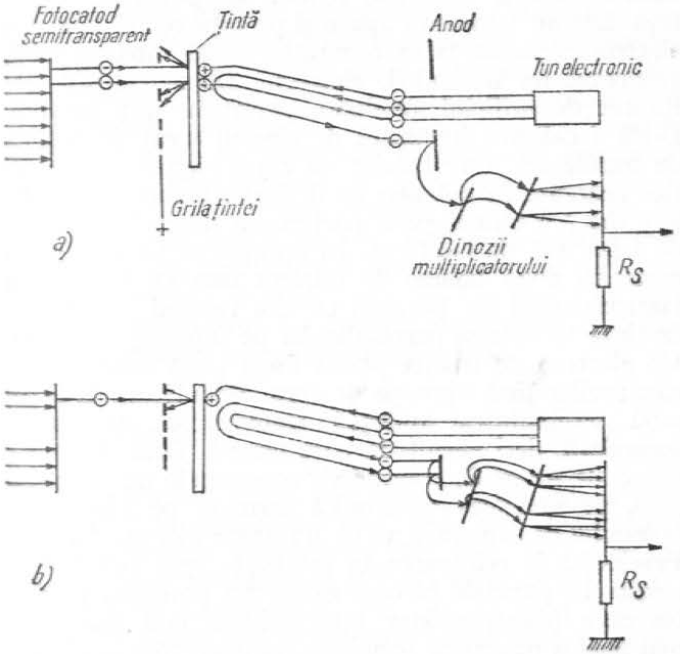


Fig. 44

accelerat și focalizat de un cîmp electrostatic creat în interior și de cîmpul magnetic al unei bobine de focalizare plasată în exterior, lovește o foiță de sticlă (țintă) groasă de circa 0,003 mm care are la rîndul ei plasată în față, la cîțiva zeci de microni, o grilă metalică cu numeroase orificii (grila țintei). Prin emisie secundară, pe suprafața dinspre fotocatod a țintei se creează un relief de potențial corespunzător imaginii de transmis. Să presupunem că fiecare electron provenit din fotocatod eliberează prin emisie secundară doi electroni din țintă. Rămîne în țintă, în mica porțiune care îi corespunde, o sarcină pozitivă necompensată pentru fiecare electron venit de pe fotocatod. Electronii proveniți din emisie secundară sînt colectați de grila țintei. Datorită faptului că foița de sticlă posedă o anumită conductibilitate electrică, relieful de potențial de pe fața dinspre fotocatod apare și pe fața opusă. Un tun electronic, plasat la extremitatea opusă fotocatodului, generează un fascicul de electroni. Diametrul său este limitat de orificiul anodului, plasat în fața tubului. După focalizare (realizată de cîmpul creat de bobina de focalizare), este baleiat de către cîmpurile magnetice generate de bobinele de deflexie. Procesul de baleiere are loc numai pe o porțiune a drumului parcurs de fasciculul de electroni. În apropierea țintei cîmpul creat de două bobine de aliniere face ca traiectoria fasciculului să fie paralelă cu axa tubului, apropierea de țintă făcîndu-se perpendicular pe suprafața acesteia. Un electrod de frînare plasat lîngă țintă scade viteza electronilor pînă aproape de zero. Se înlătură în acest mod posibilitatea apariției fenomenului de emisie secundară, deci eventuala pată neagră. Cum punctelor negre ale scenei de transmis le corespunde un potențial zero, pe imaginea electronică formată pe țintă, din fasciculul de explorare nu va fi reținut nici un electron. Fasciculul se reîntoarce în totalitate spre tubul electronic. În punctele în care există un potențial pozitiv oarecare (corespunzător luminozității mai mari sau mai mici a punctelor scenei de transmis) din fasciculul analizor va fi reținut un număr mai mare sau mai mic

de electroni, restul fiind reflectat înspre tunul electronic. În cazul relevat în fig. 44 *a*, din cei trei electroni emiși de tunul electronic, doi sînt reținuți pentru a compensa cele 2 sarcini pozitive, reîntorcîndu-se spre anod doar unul singur. În fig, 44 *b*, din cei trei electroni emiși de catod, doar unul singur este reținut, ceilalți doi reîntorcîndu-se spre anod. În acest mod se obține, la întoarcere, un fascicul de electroni mai intens pentru puncte negre și mai slab pentru puncte cu luminozitate mare. Anodul constituie, de fapt, primul dinod al unui multiplicator electronic. Prin emisie secundară, fiecare electron al fasciculului de întoarcere eliberează cîțiva electroni din anod pe care aceștia îl ocolesc și ajung pe al doilea dinod al multiplicatorului, unde procesul se repetă, rezultînd la ieșire un semnal destul de mare. Amplitudinea sa este proporțională cu luminozitatea punctului de imagine corespunzător. Comparînd cele două situații se observă situația explorării unui element de imagine cu luminozitate mare, aproape alb, considerînd reflecția unui singur electron al fasciculului și a unui element de imagine cu luminozitate mică, caz în care ținta preia din fasciculul de explorare mai mulți electroni pentru compensarea sarcinilor pozitive. Semnalul obținut la ieșire este inversat, adică, pentru zone întunecate este mai intens, iar pentru zone luminoase mai slab. Acest fapt nu constituie o problemă, realizînd, dacă este necesar, o nouă inversare. Dar, așa cum vom vedea, în televiziune s-a adoptat acest mod de transmitere, denumit cu polaritate negativă.

Idee veche în formă nouă

În 1953 savantul Albert Rose anunța realizarea și posibilitatea comercializării unui nou tub videocaptor denumit vidicon (în diferite țări este cunoscut sub diverse nume: rezistron în R.F.G., endicon în R.D.G., cuanticon în Cehoslovacia etc.) la un preț de cost extrem de scăzut față de celelalte tuburi videocaptoare, avînd o durată de funcționare mult mai mare și reglaje

puține. Primit cu neîncredere de către o parte a specialiștilor în televiziune și cu exagerat entuziasm de o altă parte, vidiconul a îndreptățit în timp și îndoielile și entuziasmul. Cu un principiu de funcționare simplu, el s-a impus rapid în studiourile de televiziune cît și în afara lor. Posibilitatea realizării sale fusese indicată cu mai bine de o jumătate de secol înainte de către Constantin Senlecq. În 1933, Manfred von Ardenne[1] brevetase invenția unui tub videocaptor considerat adevăratul precursor al vidiconului. Același tub de sticlă pe care îl găsim la toate tuburile videocaptoare, dar de dimensiuni mai mici (lungime 15—16 cm, 2,5—2,6 cm diametru), conține un tun electronic simplu, alcătuit din catod, o grilă de comandă și o grilă ecran care accelerează electronii emiși de catod și, prin diafragmare, micșorează secțiunea fasciculului. Un anod realizat sub formă de cilindru, plasat după grila ecran (fig. 45), are capătul opus acesteia închis printr-o grilă metalică cu orificii numeroase și foarte fine (în una din variantele constructive aceasta lipsește). Fasciculul

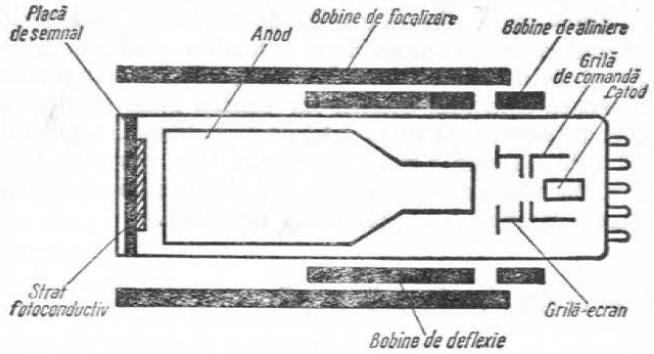


Fig. 45

[1] ARDENNE, Manfred baron von (n. 1907). Fizician și electrotehnician german. Este cunoscut datorită lucrărilor în domeniul tehnicii radiocomunicațiilor. A pus bazele microscopiei electronice.

de electroni intrînd în spațiul anodului cilindric este focalizat de cîmpul electrostatic produs de acesta și cîmpul magnetic al unei bobine de focalizare exterioară. Tubul are una dintre extremități închisă printr-o sticlă transparentă pe care se depune înspre interior un strat conductor transparent constituind așa-numita placă de semnal. Un inel de platină sudat la placa de semnal asigură legătura electrică cu exteriorul. Pe placa de semnal se depune un strat fotoconductiv foarte subțire care are la întuneric o rezistivitate foarte mare, dar care descrește atunci cînd crește iluminarea. Un sistem de bobine de deflexie, de focalizare și de aliniere, înfășoară tubul în exterior. Printr-o rezistență de sarcină, placa de semnal se conectează la o tensiune pozitivă de circa 30 V. Explorarea țintei de către fascicul are ca efect stabilirea unei diferențe de potențial între cele două fețe ale stratului fotoconductor (de o parte potențialul de + 30 V, de cealaltă parte, aproximativ potențialul catodului). Cum fiecare element al stratului fotoconductiv poate fi considerat ca fiind o capacitate în paralel cu o rezistență, înseamnă că fiecare asemenea capacitate este încărcată aproape la potențialul aplicat plăcii de semnal. O imagine proiectată printr-un sistem optic pe suprafața stratului fotoconductiv va determina, la punctele cu o iluminare oarecare, o scădere corespunzătoare a rezistenței conectată în paralel cu capacitatea, aceasta încărcîndu-se cu o sarcină electrică proporțională cu iluminarea. Rezultă pe partea opusă un relief de potențial pozitiv. La baleierea următoare a fasciculului, va fi reținut un număr de electroni, pînă la compensarea tuturor sarcinilor pozitive și restabilirea potențialului inițial (al catodului). Rezultă un curent care provoacă pe rezistența de sarcină o tensiune reprezentînd semnalul video al tubului. Utilizat în televiziunea radiodifuzată, mai ales în canalele de film și în canalele captînd imagini fixe sau foarte puțin mobile (crainic, documente etc.) din cauza inerției sale, vidiconul își găsește o gamă largă de aplicații și în televiziunea industrială, și aceasta datorită, mai ales, posibilităților de miniaturizare, dar și faptului că inerția

mare (supărătoare în televiziunea radiodifuzată) este necesară în anumite aplicații (sisteme cu număr redus de cadre, în radiolocație etc.). Apariția vidiconului a însemnat un progres în construcția tuburilor videocaptoare, putînd echipa și camerele de televiziune în culori.

Arhitectura semnalului de televiziune

Considerînd o imagine simplă, alcătuită din patru zone cu străluciri diferite, să vedem care este forma semnalului video obținut la ieșirea tubului videocaptor, atunci cînd fasciculul acestuia explorează o linie. Mărimea semnalului va fi proporțională cu strălucirea punctelor explorate. Tuturor punctelor zonei I (gri) le vor corespunde amplitudini medii ale semnalului. În zona a II-a (albă) strălucirea fiind maximă semnalul rezultat va avea amplitudinea maximă, pe cînd în zona a III-a (neagră) amplitudinea va fi minimă. În zona a IV-a (gri) semnalul este identic cu cel obținut în prima zonă. Această formă a semnalului, în care amplitudinea semnalului este maximă pentru puncte cu strălucire maximă, corespunde polarității pozitive a semnalului video. Situația inversă (fig. 46) cînd unor puncte cu strălucire maximă le corespund semnale cu amplitudine minimă corespunde polarității negative, adoptată de televiziunile multor țări. Printre alte avantaje ale transmiterii semnalului video cu polaritate negativă se poate aminti o mai bună utilizare a tuburilor electronice (imaginile au, de obicei, mai multe puncte strălucitoare) și distorsiuni mai mici. De asemenea, paraziții pătrunși în semnal avînd, de regulă, amplitudini mai mari, vor apare sub formă de puncte negre, mai puțin supărătoare decît cele albe. Desigur, în explorarea unei imagini reale de televiziune, semnalul corespunzător unei linii de explorare are cu totul altă formă, complet neregulată, întrucît strălucirea variază de la punct la punct.

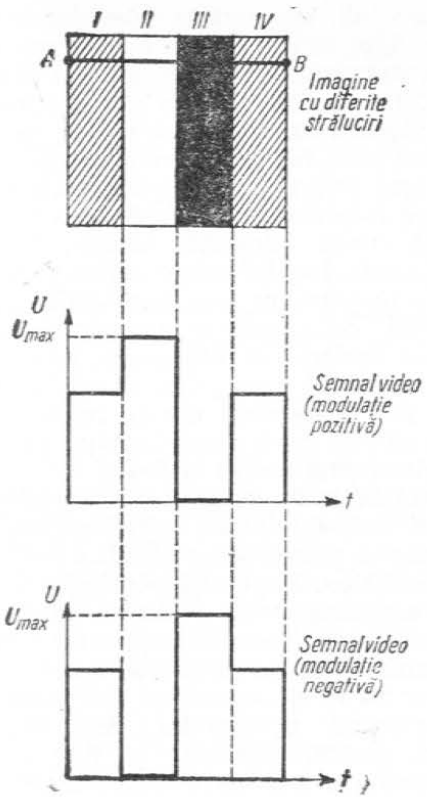


Fig. 46

Semnalul obținut la ieșirea tubului videocaptor, numit simplu, semnal de imagine sau uneori semnal video, nu poate fi transmis în această formă înspre receptoare. Este necesară o prelucrare a sa, introducîndu-i noi semnale, care să asigure:

— sincronizarea fasciculelor de electroni, explorator la emisie și reproducător la recepție;

— blocarea fasciculului de electroni în perioada curselor inverse ale acestora.

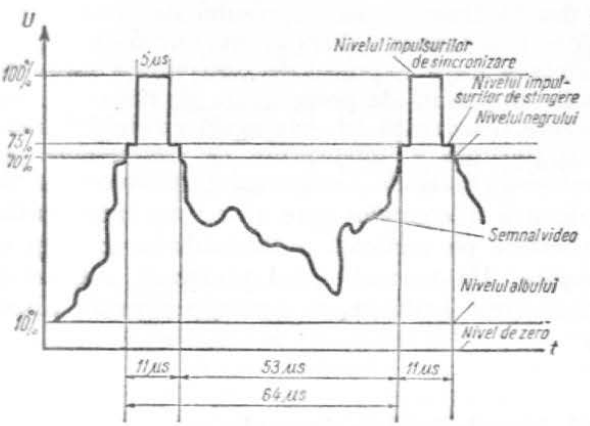
Să examinăm mai detaliat necesitatea introducerii lor și modul de realizare. Am văzut că explorarea

întrețesută a imaginii, adoptată în televiziunea radiodifuzată se face după 625 de linii în două etape. Într-o primă perioadă sînt explorate 312,5 linii (un cîmp sau un semicadru). La sfîrșitul fiecărei linii fasciculul se deplasează cu viteză mare în partea opusă, pentru a începe explorarea unei noi linii. Pentru ca deplasarea fasciculului în sens invers (cursa inversă) să nu apară vizibilă pe ecran este necesară introducerea unor impulsuri care să stingă fasciculul. Stingerea se face ușor, asigurînd acestui impuls (numit impuls de stingere pe orizontală) o amplitudine mai mare decît amplitudinea semnalului corespunzător negrului. Cu alte cuvinte se trimite fasciculul în infra-negru, mișcarea lui apărînd mai neagră decît negrul, deci invizibilă. Durata sa va fi puțin mai mare decît durata cursei inverse, pentru a putea elimina unele neregularități ce ar apare la începutul și sfîrșitul cursei active.

Din durata totală de 64 μs necesară spotului pentru explorarea unei linii dus-întors, cursei inverse i se alocă 11 μs. Rămîne pentru cursa directă a fasciculului un timp util de 53 μs. Impulsurile de sincronizare pe orizontală sînt necesare pentru a asigura concordanța mișcărilor pe linie între fasciculul explorator și cel reproducător. Cum nici ele nu trebuie să apară vizibile, amplitudinea lor va fi, de asemenea, mai mare decît amplitudinea maximă a negrului. Sînt impulsuri dreptunghiulare, scurte, transmise în timpul cursei inverse a fasciculului, suprapuse peste impulsul de stingere pe orizontală. Forma, duratele și amplitudinea unui semnal video conținînd și cele două impulsuri analizate sînt arătate în fig. 47. Se observă că semnalul video își poate modifica amplitudinea într-o plajă cuprinsă între 10 și 70% din amplitudinea maximă a semnalului transmis. Acestor variații le corespund toate tentele cuprinse între albul strălucitor (10%) și negrul pur (70%).

Pînă acum am luat în considerare numai mișcarea fasciculului pe orizontală, după linii de explorare. Dar fasciculul, după fiecare semicadru, deci de 50 de ori pe secundă, face o cursă inversă pe verticală. Și în acest

Fig. 47



timp trebuie asigurată atît stingerea sa cît și sincronizarea. Impulsul de stingere pe verticală va avea același nivel cu cel de pe orizontală, dar o durată mult mai mare. În loc de 11μs, acestuia i se acordă o durată egală cu durata de 25 de linii. Rezultă că pentru o imagine de 625 de linii, descompusă în două semicadre, rămîn active numai $625 - 2 \cdot 25 = 575$ de linii. Peste acest impuls se suprapune impulsul de sincronizare pe verticală, egal ca nivel cu cel de pe orizontală, dar cu o durată mai mare și cu o formă mai complicată. În primul rînd diferă forma impulsurilor de sincronizare transmise pentru semicadre pare de cele transmise pentru semicadre impare datorită faptului că semicadrele sau cîmpurile au o structură deosebită. Astfel, cîmpurile pare se termină cu o linie întreagă (linia numărul 625) iar cele impare cu o jumătate de linie (jumătatea liniei 313). După fiecare semicadru impar fasciculul de electroni străbate ecranul pe verticală, pe mijloc, pe cînd la sfîrșitul unui semicadru par fasciculul se deplasează din colțul din dreapta jos al ecranului în cel din stînga. În al doilea rînd, durata unui impuls de stingere pe verticală este egală cu durata a 25 de linii. Trebuie să asigurăm sincronizarea pe linii chiar în timpul transmiterii acestui impuls, dîndu-i o formă crestată.

Tot pe durata transmiterii impulsului de stingere pe verticală se mai transmit două grupuri de 5—6 impulsuri, înainte și după impulsul de sincronizare propriu-zis, numite impulsuri de preegalizare și, respectiv, de postegalizare. Frecvența lor este egală cu dublul frecvenței de repetiție a impulsurilor de sincronizare pe orizontală și au rolul de a asigura intrețeserea corectă prin egalizarea diferențelor care apar între impulsurile de sincronizare pe verticală a semicadrelor pare și a celor impare. Un semnal astfel prelucrat, conținînd toate elementele amintite, se numește semnal video complex.

Drumul imaginii pînă la noi

Semnalul video complex modulează în amplitudine un semnal de înaltă frecvență format într-un bloc separat, putînd astfel fi emis în spațiu. Simplificată, schema bloc a întregului sistem de televiziune este reprezentată în fig. 48.

Un sistem optic (obiectivul) asigură proiectarea imaginii de transmis pe suprafața unui traductor imagine-curent (tubul videocaptor) în care se realizează două operații de bază ale televiziunii: explorarea imaginii și transformarea ei în semnal electric.

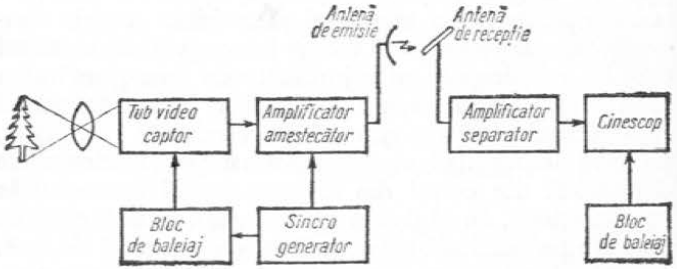


Fig. 48

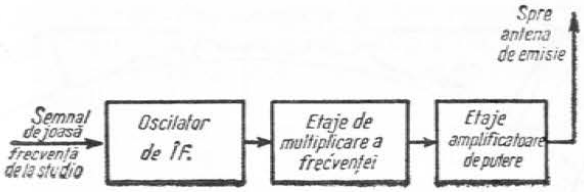


Fig. 49

Explorarea se face cu circuitele de baleiaj, aproape identice și la receptor, unde vor fi analizate mai amănunțit. Funcționarea circuitelor de baleiaj este comandată de impulsuri de sincronizare create într-un bloc separat numit sincrogenerator. În același timp, sincrogeneratorul furnizează și impulsurile de stingere pe orizontală și pe verticală. Semnalele obținute la ieșirea sincrogeneratorului și a tubului videocaptor sînt transmise unui bloc numit amplificator-amestecător, rezultînd la ieșirea lui semnalul video complex. Acesta va modula în amplitudine semnalul de înaltă frecvență, produs separat, semnalul rezultat fiind emis de emițător. În același timp este difuzat și sunetul însoțitor, printr-un emițător separat.

Rezultă că, de fapt, un emițător de televiziune radiodifuzată are două emițătoare: unul pentru semnalul de imagine cu modulație de amplitudine și unul pentru semnalul de sunet, cu modulație de frecvență. Schema bloc, simplificată, a emițătorului de sunet este reprezentată în fig. 49. Un oscilator produce oscilații de înaltă frecvență cu frecvența variabilă în ritmul semnalului de joasă frecvență primit de la studio.

Cum, de obicei, oscilatorul funcționează pe o frecvență purtătoare, reprezentînd un submultiplu al frecvenței emise, sînt necesare etajele de multiplicare a frecvenței. Se obține la ieșirea lor un semnal cu frecvență egală cu frecvența purtătoarei de emisie. În etajele amplificatoare de putere se amplifică oscilația pînă la nivelul corespunzător puterii nominale a emițătorului. Prin fideri energia semnalului se transportă la antenă

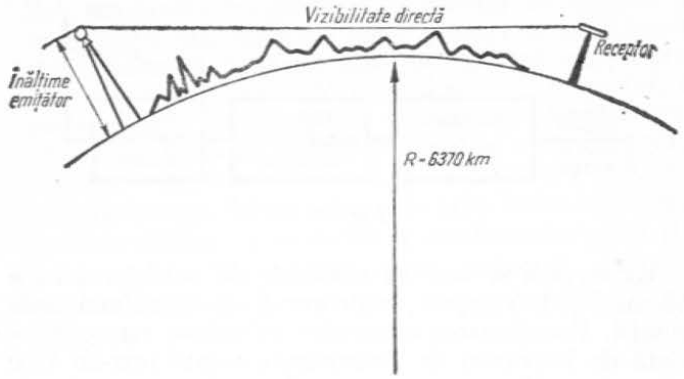


Fig. 50

fiind radiată în spațiu. Avînd în vedere frecvențele relativ mari pe care se lucrează, se poate considera că undele se propagă în spațiu aproape asemănător luminii, putîndu-se vorbi și aici de o zonă de vizibilitate directă. Termenul, deși poate nu cel mai fericit ales, este folosit curent, desemnînd distanța la care antenele de recepție și de emisie se mai pot „vedea" reciproc (fig. 50). Ținînd seama de înălțimile uzuale ale antenelor de emisie (50 — 500 m) și de recepție (5 — 30 m) această distanță variază între 75 — 100 km, putînd crește pînă la 150 — 200 km, în cazul amplasării acestora pe înălțimi mari.

Pentru recepția unui post național de televiziune pe întregul cuprins al țării rezultă necesitatea unor adevărate „stații de tranzit" pentru semnalul emis de postul național. Cu ajutorul lor se realizează acoperirea cu unde a întregului teritoriu al țării. În principiu, se prevăd un număr oarecare de stații de televiziune, de putere relativ mare, asigurînd recepția pentru toți abonații dintr-o zonă destul de mare, în limita vizibilității directe. Ele sînt alimentate cu program de la emițătorul principal prin intermediul radioreleelor plasate din loc în loc între cele două stații. Configurația geografică variată nu permite recepția sigură în toate punctele teritoriului, de exemplu în localitățile așezate

în depresiuni care sînt obturate de către regiunile înalte înconjurătoare. Cum se asigură totuși recepția programului de televiziune în aceste zone? La îndemînă sînt două soluții.

Prima și cea mai utilizată deocamdată, revine la folosirea așa-numitelor translatoare de televiziune. Acestea sînt dispozitive simple, constînd dintr-un receptor care recepționează semnalul de televiziune de la una din stațiile apropiate, îl amplifică și, printr-un emițător de mică putere, îl transmite mai departe pentru o zonă cu suprafață mică. În acest caz este obligatorie vizibilitatea directă (în sensul amintit mai înainte) între antena de recepție a translatorului și antena de emisie a stației de televiziune care îl deservește. Ar mai fi de remarcat faptul că translatoarele sînt echipamente automate, nedeservite de personal de exploatare. Pentru mărirea siguranței în funcționare se prevăd cîte două blocuri identice, unul activ și altul de rezervă. În cazul unei defecțiuni a unității active, automat se produce o comutare pe unitatea de rezervă. Aceasta recepționează semnalul transmis, îl transpune sau nu pe altă frecvență, emițîndu-l mai departe, fiind preluat de un alt radioreleu. Procesul se repetă pînă la stația de televiziune care deservește zona respectivă.

A doua soluție, televiziunea prin cablu, prezentată ca o noutate (în fond veche de cînd televiziunea) înseamnă, de fapt, întoarcerea la cablul înaintașilor. O rețea subterană sau aeriană de cabluri avînd branșați abonații, asigură nu numai posibilitatea diversificării programelor transmise (de la posturile naționale sau de la studiouri locale) dar și recepții mai sigure, fără perturbații.

II. CUNOAȘTEȚI TELEVIZORUL?

Schema bloc

Devenit în prima perioadă a existenței sale obiect de cult, hulit apoi de categorii întregi de telespectatori și, în sfîrșit, privit cu oarecare indiferență, dar indispensabil, mai cu seamă acum cînd s-a integrat total în existența de zi cu zi, televizorul a străbătut, într-un timp relativ scurt, un drum ascendent, însă cu o pantă nu prea mare. În ultimele două decenii nu i s-au adus decît unele modificări privind performanțele și caracteristicile constructive. După orice standard ar lucra, televizoarele, staționare sau portabile, cu tuburi sau tranzistoare, conțin un număr oarecare de blocuri funcționale, de neînlocuit (fig. 51). În primii ani ai construcției de televizoare, toate acestea erau prevăzute cu cale separată pentru sunet și imagine. Asta însemna că după captarea undelor electromagnetice din spațiu cu ajutorul antenei de recepție și o primă amplificare într-un etaj de foarte înaltă frecvență, se realiza separarea purtătoarei de sunet de cea de imagine. Fiecare dintre ele erau amplificate în etaje de amplificare separate, ajungînd apoi la difuzor, respectiv la catodul tubului cinescop. Deși robustă, construcția acestui tip de televizoare a fost abandonată deoarece era mai complicată, crescînd și prețul prin utilizarea unui număr mai mare de piese și în special de tuburi electronice. Trecerea la televizoarele cu cale comună pentru sunet și imagine a fost posibilă numai după cel de al doilea război mondial, cînd o deosebită dezvoltare a cunoscut-o tehnologia de fabricare a componentelor electronice. Vom analiza separat marile elemente constitutive ale unui televizor.

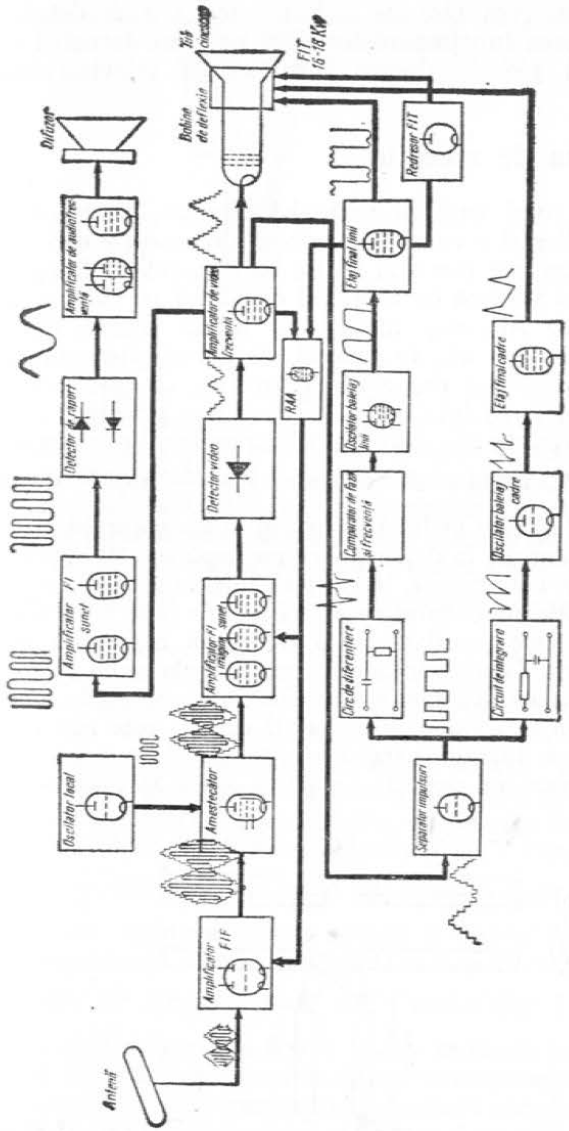


Fig. 51

Cînd intervin circuite noi, acestea vor fi detaliate, înțelegerea funcționării lor fiind necesară formării unei imagini globale despre funcționarea televizorului.

Antena de recepție

Avînd rolul captării semnalelor emise, purtătoare a imaginilor și a sunetului, antena de recepție este alcătuită din una sau mai multe bare metalice. Lungimea acestora variază cu numărul canalului pe care se face recepția. Alegerea unuia sau altuia dintre tipurile existente depinde, în general, de intensitatea cîmpului electromagnetic din zona respectivă, cu alte cuvinte, de depărtarea față de postul emițător principal, stația de televiziune sau translatorul care asigură retransmisia.

Astfel, antena de lungime $l = \frac{\lambda}{2}$ dipol deschis (fig. 52 *a*) este utilizabilă numai în zone apropiate stației de emisie, la depărtări ce nu depășesc 10 km. Lungimea ei corespunde, în general, unei anumite frecvențe în funcție de canalul recepționat. De fapt, o astfel de antenă este acordată pe o frecvență mai mică decît frecvența f corespunzătoare lungimii de undă λ. Acest fapt este cu atît mai evident cu cît grosimea barei sau țevii din care este confecționată antena este mai mare. De aceea, lungimea fizică a antenei este mai mică, dipolul trebuind scurtat cu (0,02 — 0,2 λ). Mărimea cu

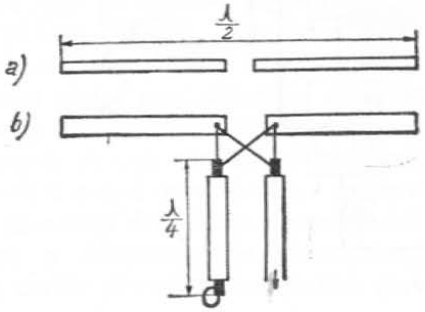


Fig. 52

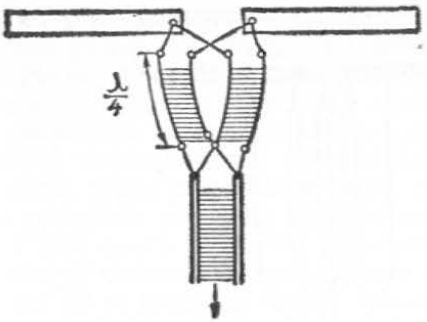


Fig. 53

care se scurtează este mai mare cînd bara este mai groasă. Grosimea barei influențează și banda de trecere care, pentru o recepție bună, trebuie să fie o dată și jumătate mai mare decît banda de frecvențe a unui canal (8MHz). Diametrele mari sînt indicate pentru antene necesare recepționării canalelor cu număr mic, descrescînd cu creșterea numărului canalului, deci cu frecvența. Aproximativ, diametrul minim al barei se poate calcula folosind formula $D_{min} = \frac{576}{f}$(mm) unde f este frecvența medie a canalului pentru care se construiește antena (vezi tabelul 1). Impedanța sa (raportul dintre tensiune și curentul de la bornele antenei) este de aproape 75 Ω, deci va necesita pentru coborîre un cablu cu aceeași impedanță, adică un cablu coaxial. Uneori, mai ales pentru telespectatorii scrupuloși, este necesară simetrizarea conectării (cablul propriu-zis este încărcat nesimetric față de blindaj), realizabil cu o bucată de cablu în $\frac{\lambda}{4}$, conectat așa ca în fig. 52 b. În lipsa cablului coaxial, legătura dintre antenă și banda bifilară, avînd impedanța de aproape 300 Ω se face ca în fig. 53.

Antena de lungime $l = \frac{\lambda}{2}$ dipol închis (fig. 54) are o impedanță de aproape 300 Ω și este utilizată frecvent chiar la depărtări mai mari de 10 km de stație sau releu. Este antena de bază pentru recepționarea canalelor cu număr mic, datorită faptului că o antenă cu mai multe

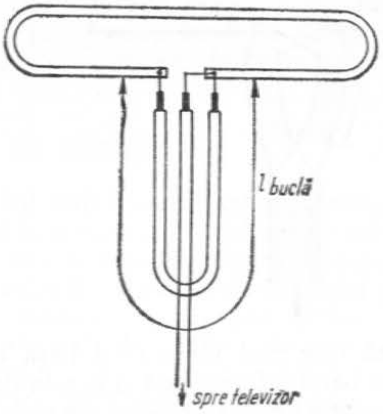


Fig. 54

elemente ar avea dimensiuni mult prea mari. În general, distanța dintre cei doi conductori (lățimea dipolului) este de 6—7 cm iar diametrul barei sau țevii se alege, aproximativ, după formula $D_{min} = \frac{600}{f}$, unde f are aceeași semnificație ca mai sus, diametrul fiind exprimat în mm.

Banda bifilară, utilizată drept cablu de coborîre, avînd tot o impedanță de 300 Ω, nu necesită buclă de adaptare, obligatorie însă în cazul folosirii cablului coaxial (fig. 54). Urmărind tabelul 1, în care se dă lungimea de undă medie a fiecărui canal, se pot determina dimensiunile dipolilor $\frac{\lambda}{2}$ închis și deschis, precum și dimensiunile buclelor de adaptare (în general). Se ține seama de necesitatea scurtării dipolilor, în funcție de grosimea barei din care se confecționează.

Antena de lungime $l = \lambda$ dipol închis este utilizată extrem de rar, deoarece pentru recepția canalelor din benzile a I-a și a II-a rezultă dimensiuni mari. Pentru recepția canalelor din benzile superioare aceasta devine antenă de bază. Proiectarea unei asemenea antene devine foarte simplă dacă se urmărește tabelul 1 în care este dată lungimea de undă medie a fiecărui canal.

Cel mai utilizat tip de antenă, antena Yagi sau cu elemente pasive (fig. 55 a, b, c,) asociază un element activ (de obicei un dipol închis) numit vibrator și mai multe elemente pasive. Prezența acestora influențează toți parametrii antenei, mărindu-i sau micșorîndu-i.

Primul element pasiv, reflectorul, mai lung decît vibratorul, plasat în spatele acestuia, are rolul de a reflecta semnalele provenite de la vibrator, nelăsînd să treacă spre acesta semnalele provenite din spate care ar putea fi decalate ca fază cu cele ale vibratorului. În acest fel se întărește cîmpul vibratorului prin adunarea semnalului inițial cu cel reflectat.

Celelalte elemente pasive sînt directorii, mai mulți, din ce în ce mai scurți, pe măsură ce ne îndepărtăm de vibrator. Lungimea și poziția lor se alege în așa fel încît să asigure însumarea cîmpului lor cu cel al vibratorului, mărindu-i și mai mult semnalul. Pentru canalele din benzile a I-a și a II-a, din cauza dimensiunilor mari ale elementelor, nu este recomandabilă construirea unor antene cu mai mult de 5 elemente (un vibrator, un reflector și trei directori). Chiar o antenă cu 3 elemente este destul de mare și grea. În tabelele 2, 3, și 4 se dau

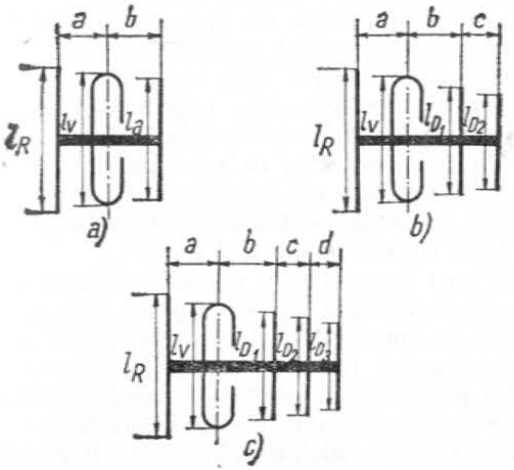


Fig. 55

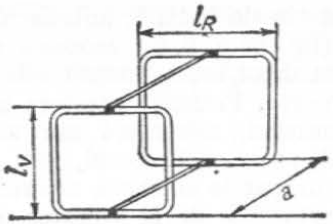


Fig. 56

dimensiunile elementelor pentru antene Yagi cu 3, 4 și 5 elemente.

O antenă puțin deosebită, ușor de realizat, cu un cîștig destul de mare, este antena cadru (fig. 56). Dintr-o bucată de țeavă metalică sau o bară cu lungimea (0,96 — 0,99) λ, se construiește un pătrat care va constitui vibratorul antenei. Teoretic impedanța sa este 293 Ω dar trebuie să ținem seama că ea scade odată cu creșterea diametrului țevii. Cablul de coborîre indicat este banda bifilară fără buclă de adaptare sau cablu coaxial cu buclă. Cîștigul crește dacă se mai adaugă un alt cadru cu latura pătratului ceva mai mare, constituind reflectorul. O astfel de antenă este echivalentă cu o antenă Yagi cu trei elemente. În tabelul 5 se dau dimensiunile constructive pentru o antenă cadru cu două elemente. Impedanța de aproximativ 75 Ω indică, pentru coborîre, cablul coaxial.

Echivalentă cu o antenă Yagi cu 5 elemente este antena cadru cu un vibrator, reflector și director (fig. 57) ale cărei dimensiuni constructive sînt date în tabelul 6. Ea are impedanța de aproape 75 Ω, deci va necesita pentru coborîre un cablu coaxial. Trebuie remarcat faptul că pentru antenele canalelor superioare diametrul țevii trebuie să fie mai mic.

Ceva mai greu de construit, dar cu rezultate foarte bune, superioare oricărui tip de antene, este antena elicoidală sau în spirală. Aceasta este indicată numai pentru recepționarea canalelor cu număr mare, din banda a III-a și bineînțeles, cînd va fi cazul, din benzile a IV-a și a V-a. Folosind notațiile din figura 58 *a*, datele aproximative pentru canalele 6—12 sînt date în tabelul 6.

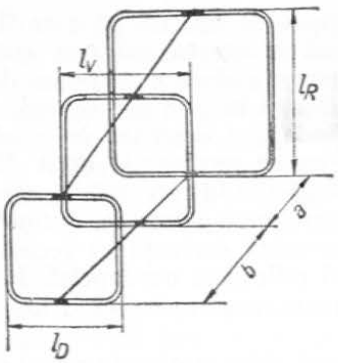


Fig. 57

În tabel sînt dați, în coloane separate, parametrii care nu depind de numărul de spire, pentru 4, 5, 6, 7 și 8 spire. Impedanța fiind în jur de 100 Ω se utilizează pentru coborîre cablul coaxial. Conductorul central al cablului se leagă la vibrator (construit din sîrmă de cupru izolată sau nu, cu diametrul de 4 — 10 mm), iar blindajul la reflector (realizat din sîrmă de cupru cu diametrul de 3—4 mm) ca în fig. 58 b. Eventual, se încearcă și o buclă din cablu coaxial de lungime $\frac{\lambda}{4}$.

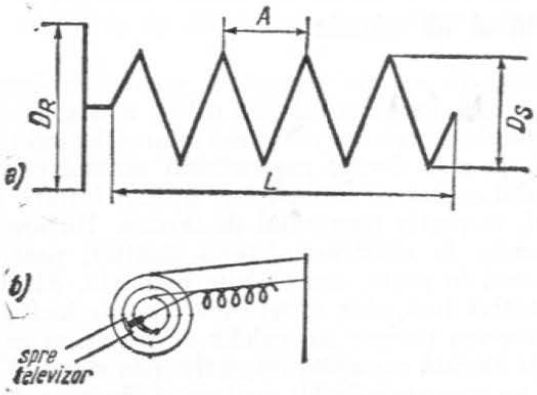


Fig. 58

Indiferent de tipul de antenă pe care îl posedăm, este recomandabilă utilizarea cablului coaxial care, deşi este mai scump, produce o atenuare de nouă ori mai mică decît a benzii bifilare şi o ecranare mult mai bună datorită blindajului conectat la masă.

Banda bifilară nu se recomandă decît din considerente economice. Mai ales în recepţiile la mare distanţă este foarte dezavantajoasă deoarece, nefiind ecranată, culege paraziţi, prezintă derivaţii în vecinătatea unor obiecte, producînd reflexii şi neadaptări. În plus, atenuarea este mai mare, aceasta crescînd foarte mult cu umiditatea.

Orientarea antenei către staţia sau releul emiţător se va face îndreptînd antena cu directorii înspre aceasta, în cazul unei antene Yagi, urmărind în acelaşi timp ecranul televizorului pentru a observa momentul obţinerii unei imagini de calitate. Imaginile cu repetiţii (fiecare dungă verticală este dublată sau triplată) se datoreşte de exemplu unei orientări defectuoase a antenei, care facilitează recepţia unui semnal reflectat de diferitele obstacole, sau, mai rar, neadaptării dintre antenă şi cablul de coborîre sau dintre acesta şi intrarea televizorului.

Selectorul de canale

Selectorul de canale reprezintă poarta de intrare a televizorului, avînd şi dificilul rol de a tria, desigur şi cu ajutorul antenei, din mulţimea semnalelor existente în spaţiu, pe cele dorite, nepermiţînd accesul celorlalte. Semnalul captat de antenă este aplicat intrării televizorului, respectiv circuitului de intrare. Nu are nimic spectaculos în construcţie, fiind alcătuit, pentru fiecare canal în parte, din circuite oscilante. Elementele constitutive însă, sînt astfel dimensionate încît să asigure trecerea tuturor semnalelor cu frecvenţa cuprinsă în plaja alocată canalului respectiv. Am văzut că, principial, un asemenea circuit oscilant se compune dintr-un condensator şi o bobină, legate în paralel, caracterizate

prin capacitatea C, respectiv inducţia L. Alimentarea circuitului de la un generator de semnal avînd amplitudinea constantă şi frecvenţa variabilă duce la apariţia unor semnale la ieşire a căror amplitudine creşte sau scade după cum frecvenţa se apropie sau se depărtează de valoarea fixă a frecvenţei de rezonanţă. Ştim că valoarea ei este dependentă de elementele care alcătuiesc circuitul. Formula de calcul a frecvenţei este $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

Se observă că modificarea valorii unui element duce la variaţia frecvenţei. Deci, avînd un asemenea circuit, putem face, prin alegerea corespunzătoare a valorilor L şi C, ca din mulţimea semnalelor existente în spaţiu, în receptor să pătrundă numai cele cu frecvenţă apropiată de frecvenţa de rezonanţă a circuitului oscilant. De fapt, pătrund şi semnale cu frecvenţa mai depărtată însă amplitudinea lor este atît de mică încît aproape nu mai contează. Pentru a evita totuşi pătrunderea lor există posibilitatea utilizării unor elemente de circuit foarte bune, adică cele care au un factor de calitate foarte mare. În acest fel, curba care delimitează zonele de trecere devine foarte ascuţită, circuitul numindu-se selectiv. Ilustrînd efectul factorului de calitate asupra selectivităţii, în fig. 59 se vede că un circuit oscilant cu

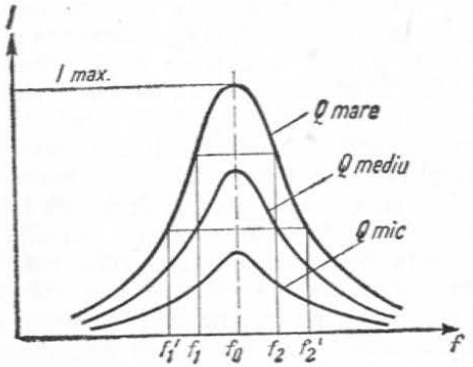


Fig. 59

aceeași frecvență de rezonanță lasă să treacă și frecvențe nedorite f'_1 și f'_2, pentru un factor de calitate mic, eliminate odată cu creșterea lui. Deși amplitudinea semnalelor cu frecvențe f'_1 și f'_2 este mică în raport cu cea a semnalelor de frecvență f_1, ele pot constitui de pildă surse puternice de perturbații.

La majoritatea televizoarelor existente în funcțiune, sectorul de canale, cunoscut și sub denumirea de rotactor (deoarece selecția canalului se face prin rotire), se prezintă sub forma unui bloc separat, așezat cît mai departe posibil de restul circuitelor, conținînd în afara circuitelor oscilante și două tuburi electronice. Semnalul unui anumit post selectat este aplicat pe grila primei triode. De obicei unul dintre tuburi este o dublă triodă, adică are în interiorul aceluiași balon de sticlă doi catozi, două grile și doi anozi. Funcționarea fiecăreia nu este influențată de cealaltă. Singurul element comun este filamentul care asigură încălzirea celor doi catozi. Triodele care alcătuiesc primul tub se leagă în așa-numitul montaj cascodă avînd anodul primei triode legat de catodul celei de a doua. Se obține în anodul ultimei triode un semnal puternic amplificat. În fig. 51 se observă amplitudinea mărită a semnalului obținut în anodul celei de a doua triode, de unde este aplicat pe grila de comandă a primei părți a tubului următor. Din motive de economie a spațiului și acesta este un tub dublu, fiind, de regulă, o triodă-pentodă. Partea pentodă îndeplinește funcția de amestecător. Din două semnale de frecvență f_1 și f_2, aplicate pe grilă, se obțin în anod, putînd fi extrase după dorință, mai multe semnale. Știm că frecvența lor este o combinație a celor două frecvențe inițiale, adică $f = nf_1 \pm mf_2$. Evident, primul semnal aplicat este tocmai semnalul obținut în anodul celei de a doua triode a montajului cascodă. Al doilea semnal este generat de partea triodă a celui de al doilea tub, montat într-o schemă de oscilator. Frecvența de lucru a oscilatorului este comandată de însuși canalul pe care se face recepția. Astfel, pentru o recepție pe canalul doi, frecvența medie a semnalului emis de stație și regăsit amplificat în

anodul triodei a doua este de 62 MHz. Oscilatorul va trebui să genereze un semnal avînd o frecvență medie de 97,25 MHz. Cele două oscilații aplicate pe grila amestecătorului vor da naștere în anodul acestuia la semnale cu frecvențe diferite. Ignorîndu-le pe celelalte, se reține, cu ajutorul unor filtre, semnalul cu frecvența $f = 97{,}25 - 62$ MHz $= 35{,}25$ MHz, situat exact în mijlocul benzii de 6,5 MHz dintre 31,5 MHz și 38 MHz pentru care există circuite de trecere mai departe. Pentru funcționarea pe canalul opt, de exemplu, frecvența medie a semnalului emis de stație este 194 MHz. Ca să obținem în anodul amestecătorului un semnal cu frecvența medie de 35,25 MHz oscilatorul local va trebui să genereze oscilații cu frecvență de 229,25 MHz. Putem obliga destul de ușor oscilatorul să genereze semnale sinusoidale cu frecvența dorită. În momentul în care dorim vizionarea unui alt program, trebuie să schimbăm canalul. Prin rotirea comutatorului, schimbăm elementele de circuit care intră în alcătuirea circuitului de intrare asigurînd trecerea semnalului emis de stația respectivă. În același timp, însă, se schimbă și elementele de circuit (bobine și condensatoare) care alcătuiesc oscilatorul, determinînd schimbarea frecvenței de lucru. Alegerea convenabilă a valorilor acestor elemente, în așa fel încît, pe de o parte să pătrundă în televizor numai semnale avînd o anumită frecvență, corespunzătoare canalului recepționat, iar pe de altă parte oscilatorul să genereze oscilații avînd frecvența diferită de a primelor, dar întotdeauna cu aceeași valoare, se face în procesul de proiectare și apoi în cel de fabricare, odată pentru totdeauna. Selectorului de canale i se impun condiții de funcționare speciale, trebuind să fie ferit de praf, de vibrații. Prin construcție i se asigură o ecranare electrică și magnetică. Motivul acestor precauții este ușor de înțeles dacă ne gîndim că o perturbație cît de mică pătrunsă în circuitele selectorului de canale este amplificată de întreg lanțul afectat semnalelor.

Se remarcă, în ultimul timp, răspîndirea selectorului de canale cu acord continuu și memorie, înlocuind vechiul rotactor greoi și cu o siguranță în funcționare

destul de mică. Cu el sînt echipate și televizoarele românești începînd cu „Opera", „Clasic", „Lux". Spre deosebire de vechiul tip în care selecția se face prin rotirea unui buton comutator și introducerea în circuit a unor bobine cu valori corespunzătoare canalului dorit, în cazul selectorului cu acord continuu, selecția canalului dorit se face prin modificarea capacității unor diode varicap. Fără a se deosebi constructiv de diodele cu joncțiune obișnuite, diodele varicap, denumite uneori și varactoare, au proprietatea de a prezenta o capacitate variabilă în funcție de tensiunea inversă aplicată joncțiunii *p-n*. Este suficient să aplicăm o tensiune corespunzătoare la bornele ei pentru ca ea să prezinte o anumită capacitate. Se modifică astfel frecvența de rezonanță a circuitelor oscilante în care este montată. Prezentînd și un factor de calitate mare, determină o foarte bună selectivitate a frecvențelor prin forma îngustă pe care o dă caracteristicii de transfer. Variația parametrilor cu temperatura este mai mică decît în cazul circuitului clasic. Evident, este mult mai ușoară variația tensiunii aplicată la bornele sale (printr-un simplu potențiometru) eliminînd și acordul în două trepte pe care îl necesita vechiul tip de rotactor (odată selectarea canalului, prin schimbarea poziției comutatorului, acordul brut și apoi acordarea optimă pe post, prin manevrarea acordului fin, avînd influență numai asupra oscilatorului local).

Amplificatorul de frecvență intermediară imagine-sunet

Într-un fel, acest amplificator duce „greul" într-un televizor. El trebuie să asigure cea mai mare parte a cîștigului unui receptor. Cele mai nepretențioase scheme de astfel de amplificatoare asigură o amplificare de cel puțin de o mie de ori a semnalului obținut în anodul amestecătorului. Acestea sînt motivele pentru care amplificatorul de frecvență intermediară imagine-sunet conține cîteva etaje de amplificare echipate cu pentode

cu panta mare, de obicei *EF* 183 sau *EF* 184. Știm că panta unui tub electronic, notată cu *S* indică cu cît crește curentul anodic la o variație a tensiunii de grilă cu un volt. Tuburile utilizate în acest caz au panta de circa 15 mA/V. Valoarea ne arată că pentru o variație a tensiunii de grilă cu un volt, curentul anodic crește cu 15 mA. Operația, repetată în fiecare etaj al amplificatorului, conduce în final la o valoare mare a amplificării, putînd depăși în unele cazuri cifra 10 000. Dar obținerea unor amplificari cît mai mari nu rămîne singura sarcină a blocului. În el trebuie „pierdute" componentele nedorite care apar în anodul etajului de amestec. Conform normelor OIRT purtătoarea de imagine are frecvența intermediară de 38 MHz. Purtătoarea de sunet este situată la 6,5 MHz — adică are valoarea de 31,5 MHz. Ele sînt amplificate în mod diferit, purtătoarea de sunet într-o măsură mai mică, pentru a evita efecte care s-ar traduce prin apariția unor rețele de linii pe ecranul televizorului. Un amplificator de frecvență intermediară imagine-sunet îndeplinind toate condițiile are o caracteristică trasată în fig. 60. Se observă că purtătoarea de sunet, avînd frecvența de 31,5 MHz este amplificată mai puțin decît purtătoarea de imagine cu frecvența de 38 MHz. În plus, în jurul frecvenței de 31,5 MHz există un palier de circa 100 kHz repartizat simetric. Existența

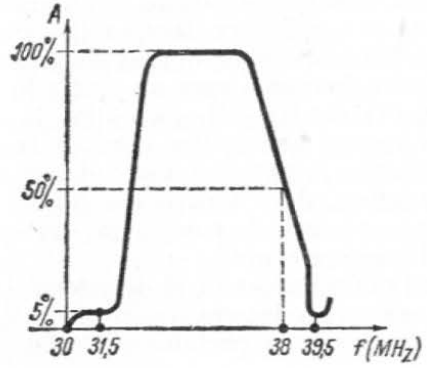


Fig. 60

lui asigură amplificarea uniformă a frecvențelor ce formează spectrul purtătoarei de sunet modulată în frecvență. Toate frecvențele mai mici de 31 MHz și mai mari de 39 MHz sînt atenuate foarte mult, dispărînd complet la valori de 30 MHz și la 39,5 MHz. Valorile (31,5 și 38 MHz) nu sînt alese întîmplător. În aceste puncte se găsesc semnalele purtătoare de imagine și de sunet care au rezultat din procesul de schimbare a frecvenței.

Frecvențele nedorite sînt eliminate și cu ajutorul circuitelor de rejecție care, acordate pe o anumită frecvență, nu lasă să treacă semnalele avînd frecvența dată, atenuînd foarte mult și semnalele cu frecvență apropiată de aceasta. La ieșirea sa, semnalul este dirijat spre următorul etaj, detectorul de videofrecvență.

Detectorul de videofrecvență

Un etaj minuscul ca dimensiuni dar cu sarcini foarte mari este alcătuit, în majoritatea cazurilor, dintr-o diodă semiconductoare și un grup de detecție. Se poate spune, de fapt, că amplificatorul de frecvență intermediară imagine-sunet lucrează pentru detectorul video, întrucît, pentru ca dioda semiconductoare să poată lucra în porțiunea liniară a caracteristicii trebuie să-i aplicăm o tensiune de cel puțin 2 V. Or, semnalul recepționat de către antenă este extrem de slab. Pentru a-i asigura cei doi volți necesari diodei semiconductoare se prevăd etajele de amplificare. Dioda reține din semnalul aplicat intrării doar înfășurătoarea, eliminînd componentele de înaltă frecvență care au ajutat la transmiterea informației (v. fig. 51). Se obține la ieșirea detectorului un semnal asemănător celui de la ieșirea camerei videocaptoare, conținînd toate datele despre imagine. El va ataca, după încă o amplificare, grila tubului cinescop, producînd modularea corespunzătoare a fasciculului de electroni.

Un rol nu mai puțin important al detectorului video este acela de a asigura producerea fenomenului de bătăi între semnalul cu frecvența purtătoarei de imagine și

cea de sunet. Fenomenul este similar celui de la schimbătorul de frecvență prezentat la pag.70 rezultînd un semnal cu frecvența de 6,5 MHz. El conține toate informațiile despre sunet fiind modulat în frecvență, spectrul său întinzîndu-se pe o plajă de 100 kHz. Preluat imediat, este îndreptat înspre o altă parte a televizorului denumită calea de sunet. Uneori însă cea de a doua frecvență intermediară de sunet cum mai este numită, se extrage abia din anodul etajului următor, amplificator de videofrecvență. Astfel beneficiază de amplificarea acestuia și semnalul de sunet (cazul televizorului Miraj). Metoda prezintă inconvenientul că rejectarea (eliminarea) ei, în așa fel încît să nu pătrundă spre tubul cinescop, nu poate fi făcută în cele mai bune condiții. Pătrunderea pe catodul cinescopului a celei de doua frecvențe intermediare duce la apariția unor dungi orizontale care se deplasează în ritmul sunetului. Chiar dacă se extrage sunetul imediat după detectorul video (cazul televizorului Dacia) apariția unui asemenea defect indică faptul că circuitele de rejecție nu-și mai fac datoria.

Este posibilă și o altă variantă în care, pentru obținerea semnalului de frecvență intermediară sunet, se utilizează, înainte de detectorul video, o diodă separată, pentru producerea fenomenului de bătăi. Deși un etaj mic, destul de solicitat ca sarcini, detectorul nu se defectează prea des. Uneori este posibilă întreruperea diodei semiconductoare, dar nici măcar acest defect nu i se poate atribui în totalitate, ci se datorează ultimului transformator de frecvență intermediară. Un scurtcircuit între înfășurările sale provoacă apariția unei tensiuni continue de valoare mare pe catodul acesteia. Într-un astfel de caz, pe ecranul televizorului nu va apare imaginea ci numai rastrul (ecranul luminat). După un asemenea defect, depanat de un vecin „atoateștiutor" și mai ales binevoitor, imaginea poate să reapară, dar în loc de alb apare negru și invers, exact ca un negativ fotografic. Aceasta este consecința faptului că „specialistul" a inversat conectarea diodei detectoare.

Calea de sunet

Este aproape un receptor de radio introdus în aceeași casetă, al cărui sunet urmărește fidel imaginea. Posedă toate elementele unui receptor superheterodină, mai puțin etajele de intrare, amestecătorul și oscilatorul local. Lipsa este explicabilă dacă ținem seama că intrarea căii de sunet este atacată de un semnal deja prelucrat, avînd frecvența intermediară de 6,5 MHz și modulat în frecvență. Vom urmări mai sumar drumul semnalului, extras, așa cum am văzut, în majoritatea cazurilor imediat după detectorul video, pînă la difuzor. Amplificat în cîteva etaje de frecvență intermediară echipate cu filtre de bandă acordate pe 6,5 MHz, lărgimea benzii fiind de circa 200 kHz, semnalul este aplicat detectorului. Este necesară extragerea semnalului de joasă frecvență care a modulat în frecvență semnalul inițial. Întrucît modulația s-a făcut în frecvență nu mai este posibilă utilizarea unui detector simplu (o diodă și un grup de detecție) ca la detectorul video. Trebuie introdus așa-numitul detector de raport, dispozitiv care echipează toate receptoarele radio prevăzute cu gama de unde ultrascurte.

Semnalul de joasă frecvență obținut la ieșirea detectorului de raport este trecut printr-un circuit în care frecvențele înalte din spectrul audio sînt atenuate. Necesitatea unui astfel de proces denumit dezaccentuare apare evidentă dacă se ține seama că la emisie, pentru a face semnalul emis cît mai insensibil față de perturbații, se întăresc frecvențele înalte. Prin dezaccentuare se readuc semnalele cu frecvența înaltă la valoarea inițială pentru a nu produce distorsionarea sunetului.

Semnalul astfel prelucrat este amplificat într-un etaj obișnuit de amplificare de joasă frecvență, avînd conectat la ieșire difuzorul.

Amplificatorul de videofrecvență

Acesta este etajul final al lanțului de imagine, unde semnalul deja amplificat suferă o ultimă prelucrare. În același timp, în majoritatea receptoarelor, îndeplinește și alte funcții putînd fi asimilat unui adevărat dispecer al semnalului video obținut amplificării și pentru etajul separator. Alcătuit în majoritatea cazurilor dintr-un singur tub cu pantă mare, amplificatorul de videofrecvență are în componența lui o serie de alte circuite cu roluri dintre cele mai diferite. Necesitatea unui tub capabil să asigure amplificări de 30—40 de ori este dictată de faptul că o amplificare mică a etajului duce la imagini cu contrast scăzut. Utilizarea mai multor tuburi crește costul televizorului, ducînd uneori și la un alt defect. Amplificarea excesivă a semnalului duce la un contrast prea mare și, cîteodată, la instabilitatea imaginii. Același defect apare și în cazul folosirii unui singur tub amplificator, odată cu defectarea unor piese din componența etajului (întreruperea bobinelor de corecție sau pierderea capacității condensatoarelor de decuplare din circuitul anodic). Într-o schemă completă s-ar putea remarca existența circuitelor de rejecție a frecvenței intermediare sunet ca și circuitele de corecție a frecvențelor joase și înalte. Prezența primelor este cerută de necesitatea eliminării posibilității pătrunderii sunetului pe catodul cinescopului. Se evită în acest mod apariția dungilor orizontale de pe ecran, care s-ar deplasa în ritmul sunetului. Circuitele de corecție a frecvențelor joase și înalte sînt prevăzute pentru îmbunătățirea calității imaginii. Astfel, redarea corectă a frecvențelor înalte permite distingerea detaliilor fine ale imaginii, după cum redarea corectă a celor joase face posibilă apariția unor imagini cu contururi clare. Semnalul amplificat și prelucrat de către circuitele intercalate între amplificatorul propriu-zis și cinescop se aplică catodului acestuia.

Dispozitivul de reglaj automat al amplificării

Semnalul captat de antena de televiziune își poate modifica valoarea în limite foarte largi, datorită condițiilor de propagare. Controlarea factorilor care determină aceste variații este aproape imposibilă. Or, modificarea valorii semnalului de la intrare se traduce, în final, prin mărirea sau micșorarea amplitudinii semnalului video aplicat catodului, deci la variații nepermise ale contrastului imaginii de pe ecranul televizorului. Trebuie acționat în așa fel încît, oricum ar varia mărimea semnalului captat, amplitudinea semnalului video să fie aproximativ aceeași. Prin urmare este necesară intervenția în etajelele care asigură amplificarea semnalului, deci în etajul amplificator al sectorului de canale și în etajele de amplificare a frecvenței intermediare imagine-sunet. Sesizînd tendințe de creștere a amplitudinii semnalului video amplificat, trebuie să prevedem un etaj care să aplice etajelor amplificatoare o astfel de tensiune încît să determine o micșorare a amplificării, pentru a se reveni la situația inițială corectă. Din amplificatorul de videofrecvență se preia o parte din semnal obținînd o tensiune de reglaj a etajelor de amplificare proporțională cu valoarea medie a semnalului video. Creșterea valorii medii a semnalului video duce la creșterea tensiunii de reglaj care, acționînd asupra tuburilor amplificatoare, micșorează corespunzător amplificarea (v. fig. 51).

În televizoarele moderne se utilizează, de obicei, așa-numita schemă de reglaj automat al amplificării (RAA) comandat (fig. 61), tensiunea de reglaj formîndu-se numai pe durata impulsurilor de sincronizare, fiind independentă de impulsurile perturbatoare recepționate (exceptînd pe acelea care eventual se suprapun peste impulsurile de sincronizare).

Pe grila tubului T, prin rezistențele R_3 și R_4 este aplicat semnalul video complex de polaritate negativă. În anod sînt aduse de la transformatorul de linii im-

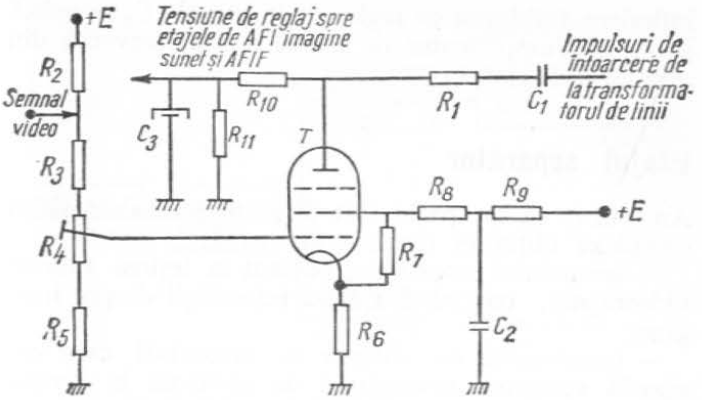


Fig. 61

pulsurile cu polaritate pozitivă, care apar în timpul cursei inverse a baleiajului. Rezistențele R_6, R_7, R_8 servesc polarizării ecranului pentodei.

Cînd imaginea receptorului de televiziune este sincronizată, impulsurile de sincronizare din semnalul video complex aplicat pe grila tubului sînt în fază cu impulsurile de întoarcere aplicate pe anod.

În acest interval de timp va circula prin pentodă un curent anodic care se închide la masă prin rezistențele R_{10} și R_{11} determinînd apariția unei tensiuni negative filtrată de către C_3. În mod normal, amplitudinea impulsurilor de sincronizare transmise de studiouri este constantă. Din cauza anumitor factori, amplitudinea semnalului video, deci și a impulsurilor de sincronizare poate să se modifice în timp. Rezultă de aici și modificarea corespunzătoare a polarizării grilei tubului, deci a curentului anodic. Ca urmare, crește sau se micșorează și tensiunea de RAA de la bornele lui C_3. Aplicată direct primului etaj amplificator de frecvență intermediară imagine-sunet, determină creșterea sau micșorarea amplificării acestuia, restabilind valoarea inițială a amplitudinii semnalului video. Dacă perturbațiile sînt de valoare mare, determinînd variații importante ale semnalului video, printr-un circuit de

întîrziere, tensiunea de reglaj de la bornele C_3 se aplică și etajului amplificator de foarte înaltă frecvență din selectorul de canale.

Etajul separator

Am văzut că în spațiu sînt difuzate semnalele video complexe obținute din suprapunerea:

— semnalului propriu-zis, obținut la ieșirea tubului videocaptor, conținînd numai informații despre imagine;

— impulsurilor de stingere pe orizontală care comandă stingerea fasciculului de electroni în timpul întoarcerii acestuia de la sfîrșitul unei linii de explorare pînă la începutul explorării liniei următoare;

— impulsurilor de stingere pe verticală avînd același rol dar în intervalul de timp cît durează deplasarea fasciculului de electroni pe verticală;

— impulsurilor de sincronizare pe orizontală, acționînd la sfîrșitul fiecărei linii, comandînd întoarcerea fasciculului pe orizontală, de la dreapta la stînga;

— impulsurilor de sincronizare pe verticală care au efect la sfîrșitul fiecărui cadru (comandă întoarcerea fasciculului din colțul din dreapta jos în cel din stînga sus al ecranului);

— sunetului care însoțește imaginea.

Am văzut modul de extragere al semnalului de sunet, astfel că între amplificatorul de videofrecvență și catodul tubului cinescop regăsim semnale în componența cărora intră numai semnalul de imagine propriu-zis și impulsurile transmise. Deoarece nivelul impulsurilor este situat în infranegru (dincolo de negru, sau mai negru decît negru) ele nu apar pe ecranul televizorului. Este necesară însă o separare a lor, pentru a se realiza sincronizarea imaginii de la emisie cu cea de la recepție. Uneori, din diferite cauze, se poate întîmpla să ajungă impulsuri parazite, suprapuse peste semnalul de televiziune. Dacă pătrund la generatoarele de baleiaj, pot determina intrarea lor în funcțiune, perturbînd funcționarea corectă a televizorului. Evitarea procesului se face prin introducerea unor elemente care elimină acțiunea impulsurilor ce nu sosesc la momentul potrivit. Separatorul primește la intrare semnal video complex (semnal de imagine și impulsurile de stingere și sincronizare), furnizînd la ieșire (fig. 62) numai impulsurile de sincronizare pe verticală și orizontală, fiecare dintre ele mergînd apoi la generatoarele de baleiaj respective. Cele două feluri de impulsuri de sincronizare au aceeași amplitudine dar durate diferite. În primul rînd, este necesară delimitarea lor de semnalul de imagine. Trebuie deci un etaj care să furnizeze la ieșire numai impulsurile de sincronizare. Schematic procesul care are loc în etajul separator se poate reprezenta ca în fig. 63. Se remarcă faptul că la intrarea primului etaj este aplicat semnalul complex de televiziune, la ieșire apărînd numai impulsurile de sincronizare. Funcționarea unui asemenea etaj este destul de simplă.

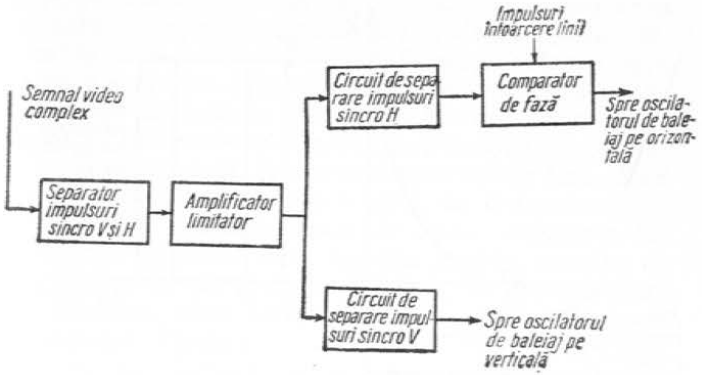


Fig. 62

Alegînd un tub cu o caracteristică $I_a - U_g$ cît mai abruptă și cu tensiune de blocare cît mai mică, procesul de separare a impulsurilor de sincronizare din semnalul video complex este destul de ușor de realizat. Vom exemplifica funcționarea unui asemenea etaj conside-

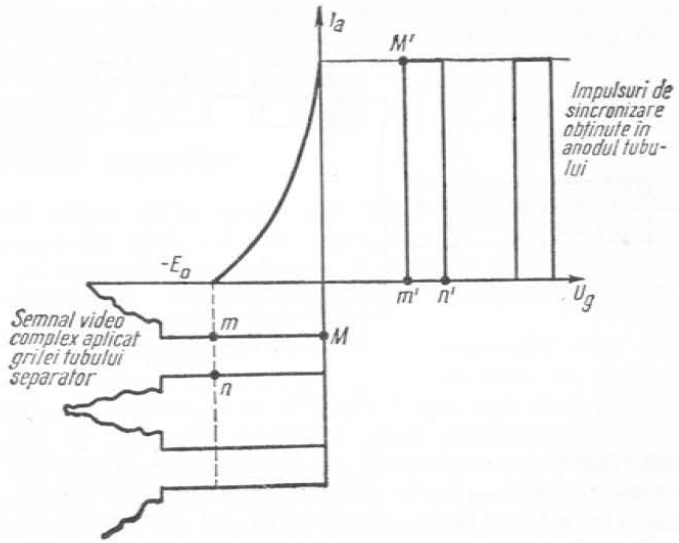


Fig. 63

rînd caracteristica $I_a - U_g$ a unei triode. Se alege punctul de funcționare al triodei în așa fel încît să nu conducă decît în momentul cînd semnalul video complex, aplicat pe grilă, depășește valoarea nivelului impulsurilor de atingere. Cînd semnalul video complex, aplicat grilei, atinge nivelul *m*, tubul intră în conducție și funcționează atîta vreme cît grilei i se aplică o tensiune mai mare decît valoarea E_0. Tensiunea de grilă a făcut „excursia" *mMn* iar curentul anodic a realizat același lucru, pe traseul *m'M'n'*. Odată atinsă valoarea *n* pentru tensiunea de grilă, trioda se blochează, procesul repetîndu-se ori de cîte ori se atinge nivelul tensiunii de blocare. Necesitatea unei caracteristici $I_a - U_g$ cît mai abruptă este evidentă deoarece dorim obținerea unor impulsuri cu amplitudine cît mai mare la ieșirea etajului. Cînd se socotește insuficientă amplificarea etajului separator se mai prevede, în continuare, un etaj de amplificare a impulsurilor

În majoritatea cazurilor se folosește un asemenea etaj care mărește amplitudinea impulsurilor, îmbunătățind în același timp fronturile. Operația este necesară pentru a se putea asigura o funcționare corectă a circuitelor de separare a impulsurilor după durată (integrare și diferențiere). Durata impulsurilor de sincronizare pe orizontală, sau sincroimpulsuri de linii, fiind mai mică decît cea a impulsurilor de sincronizare pe verticală sau sincroimpulsuri de cadre, separarea lor se face cu ajutorul unor circuite simple, numite de integrare și de diferențiere. De fapt, la prima vedere sînt identice, fiind formate dintr-o rezistență și un condensator. Diferă numai montarea lor și, bineînțeles, funcționarea. *Circuitul de integrare* este alcătuit dintr-o rezistență și un condensator. Funcționarea sa se bazează pe faptul că energiile acumulate în diverse sisteme nu-și pot modifica valoarea în salturi. Cum energia acumulată într-un condensator este $W = \frac{1}{2} CU^2$ rezultă că tensiunea la bornele condesatorului nu poate varia brusc, ci în salturi. Aplicînd un impuls la bornele circuitului, condensatorul, neîncărcat inițial, tinde să-și mențină tensiunea la borne constantă. După un timp condensatorul începe să se încarce treptat, tensiunea de la ieșire începînd să crească aproape liniar. Procesul depinde de mărimea constantei de timp $\tau = RC$ față de durata impulsului. Se observă din fig. 64 că pentru un impuls cu durată mică față de constanta de timp, tensiunea la ieșire este foarte mică față de constanta de timp și foarte mică în comparație cu mărimea impulsului aplicat intrării. Condensatorul încărcîndu-se lent, în timpul cît durează impulsul, valoarea tensiunii la ieșire atinge valoarea maximă doar pentru un impuls de durată mare. Încetînd acțiunea impulsului aplicat intrării, condensatorul începe să se descarce pe rezistența *R*, următorul impuls aplicat intrării găsind condensatorul complet descărcat. Un astfel de circuit este folosit pentru separarea impulsurilor de sincronizare pe verticală care au durata mare, lăsîndu-le să treacă doar cu deformări mici în ceea ce

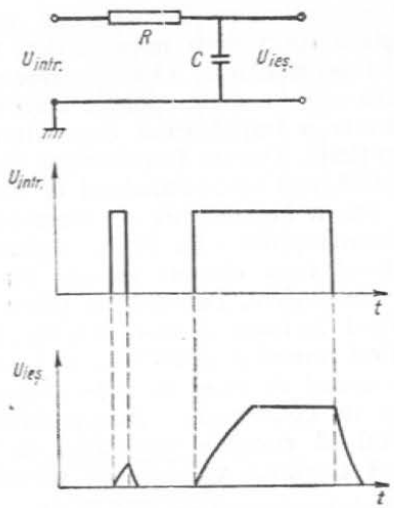


Fig. 64

privește frontul anterior și posterior. Impulsurile de sincronizare pe orizontală și eventualele impulsuri parazite, în general cu durată mică, sînt scurtcircuitate la masă. Acesta este și motivul pentru care impulsurile de sincronizare pe verticală pot ataca direct oscilatorul generatorului de baleiaj pe verticală fără a duce la instabilități ale imaginii pe verticală. Circuitul de diferențiere diferă de primul doar prin montarea diferită a elementelor constitutive. Posedînd o funcționare bazată pe aceeași imposibilitate a variației bruște a energiei înmagazinate, se poate vedea în fig. 65 că la aplicarea unui impuls, condensatorul se comportă în primul moment ca un scurtcircuit. Întreaga tensiune aplicată se transferă la ieșire astfel că avem $U_{cond} = 0$ iar $U_{ieș} = U_{int}$. Încărcîndu-se, tensiunea la bornele lui începe să crească, iar cea de la ieșire scade în mod corespunzător. În momentul t_2, cînd acțiunea impulsului a încetat, tensiunea la bornele sale a atins valoarea maximă, iar cea de la ieșire, devine zero. În acest moment însă la intrare are loc o variație bruscă a tensiunii, în sens invers, prin aplicarea frontului

posterior al impulsului. Impulsul încetînd, variația se transmite ieșirii, dar condensatorul fiind încărcat începe descărcarea prin R, tensiunea la ieșire devenind zero cînd condensatorul s-a descărcat complet. Apariția unui nou impuls provoacă reînceperea procesului. Să menționăm că, în acest caz, valoarea R a rezistenței și capacitatea C a condensatorului sînt mici, constanta de timp a circuitului fiind mică.

Întrucît circuitele de diferențiere lasă să treacă impulsurile scurte ca durată, este posibilă apariția unor impulsuri parazite care dacă ar ajunge la generatorul de baleiaj pe orizontală, ar provoca declanșarea sa, ducînd la instabilitatea imaginii. Din această cauză impulsurile de sincronizare pe orizontală sînt trecute printr-un etaj suplimentar, numit *comparator de fază*. Rolul său este acela de a determina, prin compararea fazei impulsurilor sosite direct de la circuitul de dife-

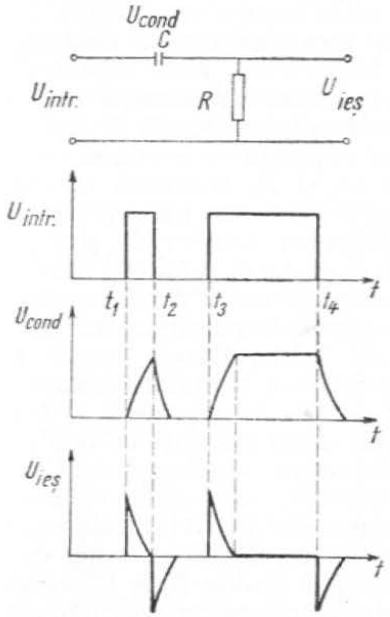


Fig. 65

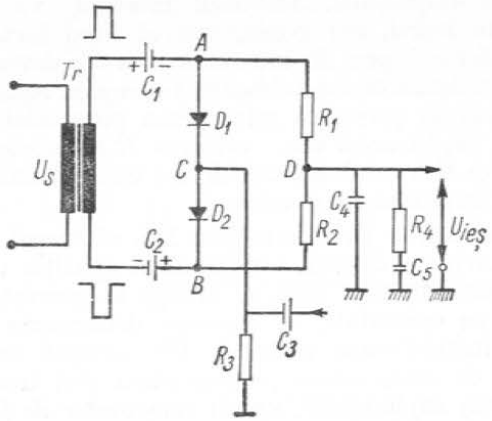


Fig. 66

renţiere cu faza impulsurilor de întoarcere linii, care dintre acestea sînt provenite de la emisie şi care sînt parazite.

Schematic, un asemenea circuit este reprezentat în fig. 66.

Transformatorul defazor *Tr* primeşte în primar impulsuri de sincronizare pe orizontală de la etajul separator, în secundar obţinîndu-se impulsuri cu polarităţi diferite. Diodele D_1 şi D_2 împreună cu rezistenţele R_1 şi R_2 formează o punte simetrică *ACBD*. Se aplică diagonalei *AB*, respectiv diodelor D_1 şi D_2, prin intermediul condensatoarelor C_1 şi C_2, cele două impulsuri obţinute în secundar. Circuitul de diferenţiere format de R_3 şi C_3 transformă impulsul de întoarcere de la transformatorul de baleiaj într-un impuls în formă de *N* care se aplică apoi punţii în punctul *C*. Dacă între impulsurile aplicate în punctele *A* şi *B* şi impulsul aplicat în *C* nu există diferenţă de fază şi de frecvenţă (deci funcţionare absolut corectă a tuturor circuitelor televizorului), momentul aplicării impulsurilor de sincronizare din *A* şi *B* coincide cu momentul trecerii prin zero al impulsului în formă de *N*. Cele două impulsuri deschid diodele D_1 şi D_2, condensatoarele C_1 şi C_2 reîncărcîndu-se cu polarităţi diferite la

valoarea de vîrf a impulsurilor de sincronizare. Descărcarea se face în perioada dintre impulsuri prin rezistenţele R_1 şi R_2. Astfel, în punctul *A* apare o tensiune $-E$ (faţă de masă) iar în punctul *B* o tensiune $+E$ (faţă de masă) care se menţine constantă. Cum, diodele D_1 şi D_2 sînt identice iar R_1 şi R_2 sînt egale, în punctul *D* nu apare nici o tensiune, deci nu este necesară nici o corecţie. Dacă impulsurile de sincronizare nu sînt în fază cu impulsurile de întoarcere, momentul aplicării lor în punctele *A* şi *B* nu mai coincide cu momentul trecerii prin zero a impulsului în formă de *N*. În punctul *C* va apare o tensiune diferită de zero, pozitivă sau negativă după sensul abaterii de fază. Datorită simetriei punţii această tensiune se va regăsi în punctul *D*. Rezultă deci că la ieşirea comparatorului apare un şir de impulsuri cu amplitudine şi polaritate diferită, dependente de mărimea şi sensul abaterii de fază dintre impulsurile de sincronizare şi impulsurile de întoarcere, cu frecvenţă egală cu cea a impulsurilor de sincronizare. Valoarea medie a lor se utilizează ca tensiune de reglaj pentru corectarea fazei impulsurilor de întoarcere.

O altă schemă, destul de utilizată, este comparatorul de fază cu tub de coincidenţă (fig. 67).

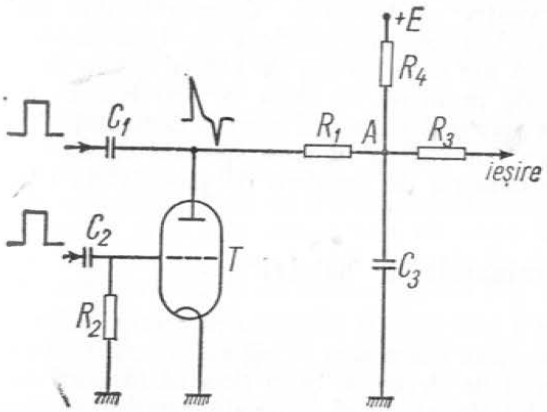


Fig. 67

Prin C_1 se aplică impulsul de sincronizare care apare în anod diferențiat datorită alegerii corespunzătoare a valorii lui C_1 și R_1 iar prin C_2 se aplică impulsurile de întoarcere cu polaritate pozitivă și cu amplitudine mare. Se aleg valorile lui C_2 și R_2 astfel încît tubul T să conducă aproximativ o treime din durata întoarcerii. Dacă faza impulsului de întoarcere coincide cu faza impulsului de sincronizare, momentul deschiderii tubului are loc cînd impulsul diferențiat din anod trece prin zero. Valoarea medie a potențialului din punctul A corespunde valorii potențialului de polarizare de bază. Cînd abaterea de fază între cele două impulsuri este relativ mică, impulsul pozitiv sau negativ al semnalului diferențiat se suprapune impulsului pozitiv aplicat pe grilă. Impulsul de curent anodic va fi mai mare sau mai mic, rezultînd o valoare medie a tensiunii în anod mai mare sau mai mică folosită pentru compensarea diferenței care a provocat defazajul.

Dacă nu există coincidență între impulsurile aplicate prin C_1 și C_2, deschiderea tubului are loc în momente în care la anod se aplică, prin rezistențele R_1 și R_2, numai tensiunea continuă de alimentare a etajului. Rezultă în punctul A o tensiune continuă folosită ca polarizare de bază pentru circuitul de corecție a frecvenței oscilatorului. Comparatoarele de fază obținute pot corecta suficient de bine abaterile de frecvență ale oscilatorului de baleiaj într-o plajă (domeniu de prindere) de circa $\pm$ 150 Hz. În cazurile cînd se cere o lărgime mai mare a domeniului de prindere, se pot realiza circuite speciale cu care se pot obține domenii de prindere de pînă la $\pm$ 1 000 Hz

Generatoarele de baleiaj

Pentru a face vizibilă imaginea pe ecranul televizorului este necesară măturarea în zig-zag a ecranului de către fasciculul de electroni. Știm deja că în orice moment fasciculul de electroni emis de catodul cinescopului are în componența lui un alt număr de electroni cores-

punzător semnalului video care i s-a aplicat. Pentru un semnal provenit de la un punct alb numărul de electroni este mare, producînd o bombardare mai puternică a luminoforului cinescopului. Unui punct cenușiu apropiat de negru îi corespund mult mai puțini electroni, ecranul fiind iluminat mai puțin. Desigur, dacă fasciculul de electroni, chiar cu un număr variabil de electroni (modulat în intensitate) ar cădea în același loc, punctul respectiv ar apărea luminos, dar nu am putea remarca variațiile de strălucire din diferite momente. Rezultă că este obligatorie deplasarea fasciculului în așa fel încît în momente de timp diferite dar foarte apropiate, să devină vizibile alte puncte ale ecranului. Am văzut că la emisie imaginea este citită punct cu punct după 625 de linii de explorare, de 50 de ori într-o secundă la explorarea progresivă sau la explorarea întrețesută, după $\frac{625}{2}$ linii, de 2×25 ori pe secundă. Trebuie asigurate aceleași condiții de lucru și pentru fasciculul de electroni emis de tunul electronic al cinescopului. Sînt necesare impulsuri de o formă specială care, prin intermediul bobinelor de deflexie, să realizeze deplasarea corespunzătoare a fasciculului. Am văzut că cea mai convenabilă formă găsită este aceea a dinților de ferăstrău. Pentru crearea lor trebuie să avem la dispoziție, mai întîi, impulsuri dreptunghiulare cu frecvența dorită. Deoarece asupra fasciculului trebuie să acționeze simultan forțe care să-l deplaseze atît pe verticală cît și pe orizontală, înseamnă că sînt necesare două feluri de impulsuri de formă dreptunghiulară pe care trebuie să le formăm în receptor. În plus, dispozitivele care le formează nu trebuie să intre în funcțiune decît atunci cînd sînt comandate de către impulsurile de sincronizare care au fost separate în separator. Avînd în vedere faptul că într-o secundă sînt necesare mai multe impulsuri pentru deplasarea fasciculului pe orizontală decît pentru deplasarea pe verticală, înseamnă că și durata, deci frecvența lor, va fi diferită. Dispozitivul care va genera impulsuri pentru deplasarea fasciculului pe verticală va trebui să lucreze de

50 de ori pe secundă, corespunzător numărului de explorări ale imaginii. Pentru determinarea frecvenței de lucru a generatorului de impulsuri pentru deplasarea fasciculului pe orizontală trebuie să avem în vedere faptul că imaginea este descompusă în 625 de linii de explorare. Asta înseamnă că pe durata unui singur impuls de baleiere pe verticală, generatorul de baleiaj pe orizontală trebuie să furnizeze 625 de impulsuri. Cum într-o secundă generatorul de baleiaj pe verticală dă naștere la 50 de impulsuri, rezultă că ar trebui formate în generatorul de baleiaj pe orizontală $50 \times 625 = 31250$ de impulsuri. Datorită faptului că a fost adoptată explorarea întrețesută sînt suficiente numai 15625 de impulsuri pentru deplasarea pe orizontală, adică jumătate din numărul dedus teoretic. Concluzia celor expuse este imediată. Sînt necesare circuite care să genereze impulsuri dreptunghiulare într-o primă fază. Frecvența lor va fi diferită, după cum lucrează pentru deplasarea fasciculului pe verticală sau pe orizontală. Frecvența de lucru a primului dispozitiv va fi de 50 Hz iar a celui de al doilea de 15625 Hz.

Vom analiza mai detaliat funcționarea acestor dispozitive de generare a impulsurilor, întrucît sînt scheme de bază pentru generatoarele de baleiaj.

Televizoarele existente se deosebesc între ele și după tipul oscilatorului utilizat în cele două blocuri de baleiaj. Un prim tip este așa-numitul *multivibrator* sau *circuit basculant astabil*. Schema tipică a unui asemenea dispozitiv este prezentată în fig. 68. Denumirea lui provine de la proprietatea montajului de a trece automat dintr-o stare în alta fără nici o intervenție din afară. Fiecare stare este caracterizată prin conducția unui tub și blocarea celuilalt. Durata fiecărei stări (starea 1 corespunzînd, de exemplu, situației cînd tubul T_1 conduce, T_2 fiind blocat, starea 2 corespunzînd situației inverse cînd T_1 este blocat iar T_2 conduce) este bine determinată prin alegerea corespunzătoare a elementelor circuitului. Schema este simetrică, fiecare tub avînd anodul legat printr-o rezistență la sursa de alimentare. Grilele sînt legate la masă prin cîte o

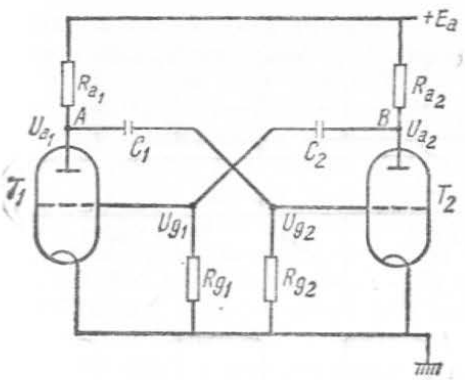


Fig. 68

rezistență R_g. Tuburile sînt interconectate prin intermediul condensatorilor C_1 și C_2 care leagă grila unui tub cu anodul celuilalt. Funcționarea se poate explica destul de ușor dacă urmărim diagramele de variație în timp a tensiunilor (fig. 69). Tensiunea pe anodul tuburilor este limitată la valoarea sursei de alimentare E_a. Presupunem că prin tubul T_1 curentul crește datorită unei cauze oarecare. Rezultă o creștere a căderii de tensiune pe rezistența din anod $\Delta U_{a1} = R_{a1} \cdot I_{a1}$. Ca urmare, tensiunea pe anod, în punctul A, U_{a1} scade. Această scădere se transmite prin condensatorul C_1 pe grila tubului T, rezultînd o micșorare curentului prin el. Datorită acestui fapt, tensiunea sa anodică, din punctul B, U_{a2}, se mărește, întrucît căderea de tensiune pe rezistența anodică R_{a2}, $\Delta U_{a2} = R_{a2} \cdot I_{a2}$ s-a micșorat, iar $U_{a2} = E_a - \Delta U_{a2}$. Saltul de tensiune se transmite prin condensatorul C_2 pe grila primului tub determinînd o nouă creștere a curentului prin T_1. Procesul se repetă pînă cînd curentul prin T_1 ajunge la valoarea maximă, tubul fiind complet deschis. Curentul prin T_2 scăzînd la zero, tubul este blocat. Condensatorul C_1 care este încărcat cu minus pe grila tubului T_2 începe să se descarce prin rezistența R_{g2}. Tensiunea la bornele sale începe să scadă tinzînd către zero. În momentul în care tensiunea la bornele condensa-

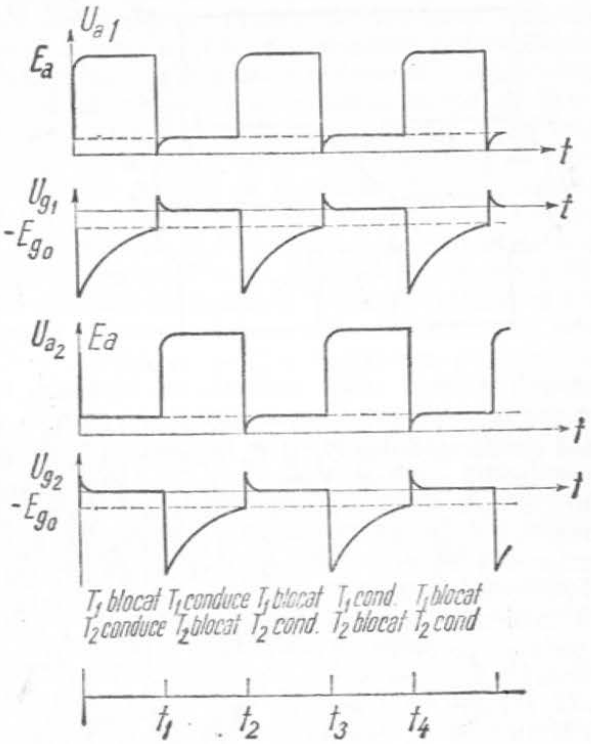


Fig. 69

torului C_1 ajunge la valoarea $-E_g$, deci devine egală cu tensiunea de blocare a tubului T_2, acesta începe să conducă făcîndu-și apariția un mic curent anodic. Căderea de tensiune pe R_{a2}, $\Delta U_{a2} = R_{a2} \cdot I_{a2}$ începe să crească, deci $U_{a2} = E_a - \Delta U_{a2}$ se va micșora. Variația lui U_{a2} se transmite prin condensatorul C_2 pe grila tubului T_1, determinînd micșorarea curentului anodic I_{a1}. Căderea de tensiune pe rezistența R_{a1}, $\Delta U_{a1} = R_{a1} \cdot I_{a1}$ scade. Crește acum tensiunea $U_{a1} = E_a - \Delta U_{a1}$. Saltul de tensiune transmis prin condensatorul C_1 determină o creștere suplimentară

a curentului anodic prin tubul T_2. Procesul repetîndu-se cu o viteză foarte mare se ajunge aproape instantaneu la situația în care tubul T_1 s-a blocat iar T_2 conduce. Montajul a trecut automat din starea inițială, cînd tubul T_1 conducea iar T_2 era blocat, în cea de a doua stare, cînd T_1 este blocat iar T_2 conduce. Condensatorul C_2 fiind încărcat, avînd la borne o tensiune U_{c2} mare, cu polaritatea — pe grila lui T_1, se descarcă prin R_{a2} și R_{g1}. U_{a2} începînd să scadă cînd ajunge la valoarea tensiunii de blocare — E_{g0} a tubului T_1, determină apariția unui curent prin acesta, întregul proces de basculare fiind reluat. Să reamintim că tensiunea de blocare este tensiunea la care tubul nu mai conduce, dacă era în conducție, sau începe să funcționeze, să conducă, dacă era blocat, adică dacă avea aplicată pe grilă o tensiune negativă mai mare decît tensiunea de blocare. Deoarece timpul în care tuburile intră în conducție sau se blochează este extrem de mic se poate considera că salturile de tensiune U_{a1} și U_{a2} sînt bruște.

Iau naștere impulsuri dreptunghiulare în anozii tuburilor. Perioadele de timp în care tuburile conduc efectiv sau sînt blocate sînt determinate de mărimea condensatoarelor C_1 și C_2 și a rezistențelor R_{g1} și R_{g2}. Pentru a preveni modificarea întîmplătoare a desfășurării procesului, pentru a obține impulsuri cu perioada strict calculată, este necesară sincronizarea multivibratorului cu ajutorul unor impulsuri aplicate din exterior. Prin intermediul unor capacități foarte mici se aplică impulsuri din exterior, cu polaritatea pozitivă pe grilele celor două tuburi. Suprapuse peste tensiunea condensatorului la care se leagă grila tubului respectiv, fac ca tensiunea de blocare (deci de începere a conducției tubului) să fie atinsă mai repede, la momentul dorit. De exemplu, dacă în momentul t_2 aplicăm un impuls pozitiv din afară pe grila tubului T_2 sîntem siguri că în acel moment este atinsă valoarea E_{g0} și că T_2 intră în conducție. Din motive de siguranță a funcționării se prevede atacarea oscilatoarelor de baleiaj cu impulsurile de sincronizare transmise odată

cu semnalul. Un alt tip de generator de impulsuri dreptunghiulare este generatorul autoblocat. Denumit uneori și *blocking*, are rolul de a genera impulsuri de tensiune a căror amplitudine poate atinge valori foarte mari. Unul dintre elementele importante ale blockingului este transformatorul de cuplaj, avînd înfășurarea primară conectată în circuitul anodic al tubului, iar înfășurarea secundară în circuitul de grilă. Sensurile înfășurărilor sînt alese în așa fel încît unei creșteri a curentului anodic (deci prin înfășurarea primară), să-i corespundă în circuitul de grilă (prin secundar) o tensiune pozitivă.

Presupunem că în momentul t_1 (fig. 70) tubul este blocat datorită tensiunii negative de la bornele condensatorului C_1, mai mare decît tensiunea de blocare. În intervalul $t_1 - t_2$ condensatorul se descarcă prin rezistența R_1. Descărcarea este lentă dar în momentul în care tensiunea la borne atinge valoarea tensiunii de blocare a tubului, tubul se deschide și apare un curent anodic I_a. Circulația acestuia prin înfășurarea primară a transformatorului duce, așa cum am văzut, la apariția unei tensiuni de polaritate pozitivă la bornele înfășurării secundare a transformatorului. A rezultat deci o tensiune pozitivă pe grila tubului determinînd mai departe creșterea curentului anodic. Noua creștere a curentului anodic provoacă apariția unei tensiuni pozitive mai mari pe grilă și aceasta are ca efect o nouă creștere a curentului. Procesul se repetă foarte rapid, în avalanșă, rezultînd deschiderea completă a tubului și trecerea tensiunii de grilă la valori mai mari decît zero. Am văzut însă la funcționarea triodei că la tensiuni de grilă pozitive grila începe să culeagă ea însăși electroni rezultînd curentul de grilă I_g. Condensatorul C_1 este încărcat de către acesta. Tensiunea la bornele sale va avea polaritate negativă pe grila tubului. În acest mod, curentul anodic I_a nu numai că este limitat dar se produce chiar o micșorare a lui. Scăderea curentului anodic face ca la bornele secundarului să apară o tensiune care micșorează mai mult tensiunea pe grilă. Din nou curentul anodic scade și procesul se repetă, acum în sens invers, pînă cînd tubul se blochează complet. Potențialul negativ al grilei este cu mult sub nivelul tensiunii de blocare a tubului. Odată blocat tubul, condensatorul își începe din nou descărcarea prin rezistența R_1 iar procesul de încărcare-descărcare se repetă. Astfel, iau naștere impulsuri a căror perioadă de repetiție este determinată de constanta de timp a circuitului de grilă $\tau = R_1C_1$.

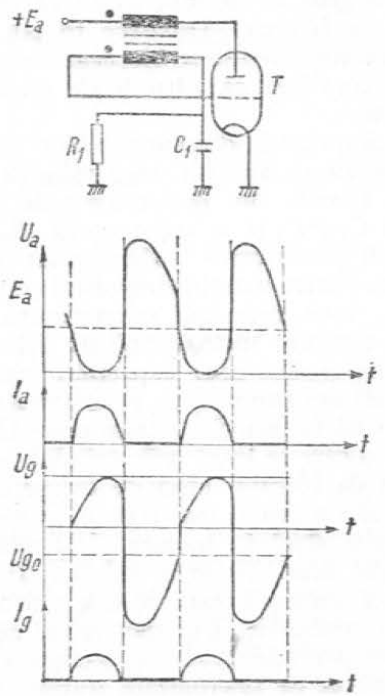


Fig. 70

Cele două tipuri de generatoare de impulsuri sînt schemele de bază ale blocurilor de baleiaj. Uneori, generatorul de baleiaj pe orizontală utilizează și alte

scheme de generare a impulsurilor, respectiv un oscilator sinusoidal obișnuit. Se recurge la această variantă deoarece se are în vedere frecvența mare a impulsurilor. Reținînd numai vîrfurile oscilației după o prealabilă limitare se obține impulsul dreptunghiular avînd o formă foarte bună.

GENERATORUL DE BALEIAJ PE VERTICALĂ

Oscilatorul realizat după una din schemele prezentate are numai rolul generării semnalului de formă dreptunghiulară cu frecvența de 50 Hz, fiind primul etaj al blocului. Din schema bloc, prezentată în fig. 71, se poate observa prezența circuitului de formare a semnalului în dinte de ferăstrău, un etaj final, realizat cu un amplificator, care are rolul asigurării unui semnal suficient de puternic pentru realizarea baleiajului, transformatorul de ieșire și bobinele de deflexie pe verticală.

Formarea semnalului în formă de dinte de ferăstrău se bazează pe încărcarea și descărcarea unui condensator. În timpul cursei directe a fasciculului de electroni, trebuie să asigurăm o încărcare relativ lentă a condensatorului, care va trebui să se descarce rapid în timpul cursei inverse. Aplicat pe grila tubului, final semnalul provoacă variația curentului anodic. Datorită valorii mici a constantei L/R a sarcinii tubului final, prin bobinele de deflexie va circula un curent liniar numai atunci cînd tensiunea aplicată la borne are o formă parabolică. De aceea se prevede circuitul de predistorsionare dimensionat convenabil prin construcție, avînd, în general, și două potențiometre a căror acționare

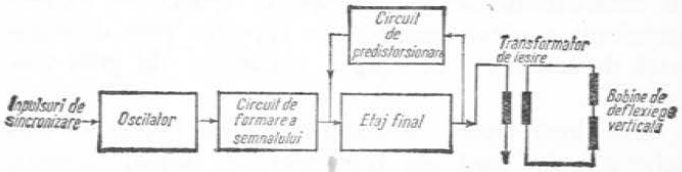


Fig. 71

duce la corectarea liniarității în partea de sus sau în partea de jos a imaginii. Prin intermediul transformatorului de ieșire cadre curentul rezultat se aplică bobinelor de deflexie pe verticală. O serie de reglaje aparțin acestui bloc. Reglarea dimensiunilor verticale ale imaginii se face cu ajutorul unui potențiometru, mărind sau micșorînd corespunzător amplitudinea semnalului în dinte de ferăstrău. Receptoarele moderne posedă și alte cîteva elemente pentru stabilizarea automată a dimensiunii verticale a imaginii. Astfel, intercalarea unui termistor în serie cu înfășurarea bobinelor de deflexie pe verticală stabilizează la o anumită valoare rezistența totală a circuitului secundar al transformatorului la variații de temperatură, traduse prin variații importante ale dimensiunii verticale ale imaginii. Stabilizarea pe verticală a imaginii se realizează ușor prevăzînd un potențiometru de reglaj al frecvenței oscilatorului.

GENERATORUL DE BALEIAJ PE ORIZONTALĂ

Acesta este unul dintre blocurile cele mai importante dintr-un televizor și are funcțiuni multiple. Sintetizate, funcțiile sale sînt următoarele:

— asigură formarea curentului care, circulînd prin bobinele de deflexie pe orizontală, provoacă devierea fasciculului de electroni pe orizontală.

— asigură obținerea tensiunilor de alimentare a electrozilor de focalizare și anozilor tubului cinescop;

— furnizează impulsuri pentru etajul comparator, pentru sincronizarea pe orizontală;

— furnizează impulsuri pentru circuitele de stabilizare automată a dimensiunilor pe orizontală, pentru circuitul poartă de reglaj al amplificării, circuitului de stingere a spotului pe durata cursei inverse;

— asigură, uneori, prin tensiunea recuperată de valoare ridicată, alimentarea oscilatorului de baleiaj pe verticală.

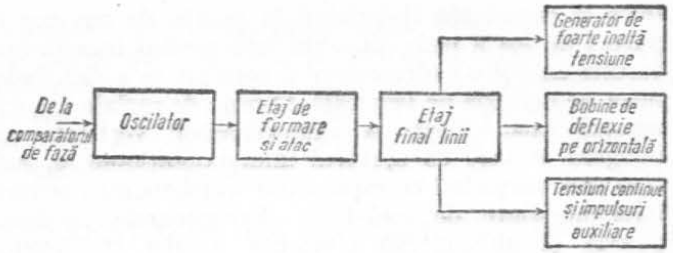


Fig. 72

Schema bloc simplificată este reprezentată în fig. 72 unde se remarcă existența oscilatorului, a unui etaj de formare, a etajului final și a bobinelor de deflexie pe orizontală. Oscilatorul poate fi multivibrator, blocking sau un oscilator obișnuit, sinusoidal. Frecvența mare de lucru a etajului impune existența unui oscilator care să aibă o stabilitate de frecvență mare. Cum oscilatoarele de relaxare tip multivibrator sau blocking, folosite în televizoarele de tip mai vechi, au o stabilitate mai mică decît oscilatoarele sinusoidale, treptat, au fost înlocuite de acestea din urmă. Oscilațiile rezultate trebuie prelucrate pentru a se asigura semnalului care atacă grila tubului amplificator, o anumită formă, blocînd tubul pe o durată egală cu circa 22% din perioada de deflexie, deschizîndu-l numai după terminarea întoarcerii fasciculului.

Sarcina etajului amplificator (etaj final) este constituită din bobinele de deflexie pe orizontală și redresorul de FÎT, cuplate la etajul final de linii printr-un transformator (fig. 73). Dar, după terminarea cursei inverse, în bobine rămîne înmagazinată energie. Recuperarea ei se face astfel încît curentul, prin bobina de deflexie, să varieze liniar. Se asigură în acest mod și deplasarea fasciculului pe orizontală pe prima jumătate a unei linii de explorare. Montînd o diodă, numită recuperatoare, cu rol de comutator pentru un condensator de recuperare C_{rec} într-o primă perioadă în care dioda D este deschisă, energia din circuit se înmagazinează în C_{rec}. În a doua fază dioda D se blochează, tubul final este deblocat iar energia înmagazinată în C_{rec} este transmisă din nou bobinei. În urma încărcării C_{rec}, la bornele sale va exista o diferență de potențial U_{rec}, care se adună cu diferența de potențial a sursei de alimentare. În acest fel va lua naștere între punctul A și masă o tensiune mult mai mare (500—850 V) decît aceea a sursei de alimentare, permițînd alimentarea diverselor circuite din televizor cu tensiuni mai mari decît tensiunea obținută de la redresorul de joasă tensiune.

În același timp, se știe că în circuitele rezonante apar impulsuri de înaltă tensiune (în cazul circuitelor televizoarelor 6—7 000 V). Cum, pentru alimentarea anodului de accelerare al tubului cinescop este necesară o tensiune de circa 16—18 kV, se prevede o înfășurare ridicătoare de tensiune (un număr mare de spire),

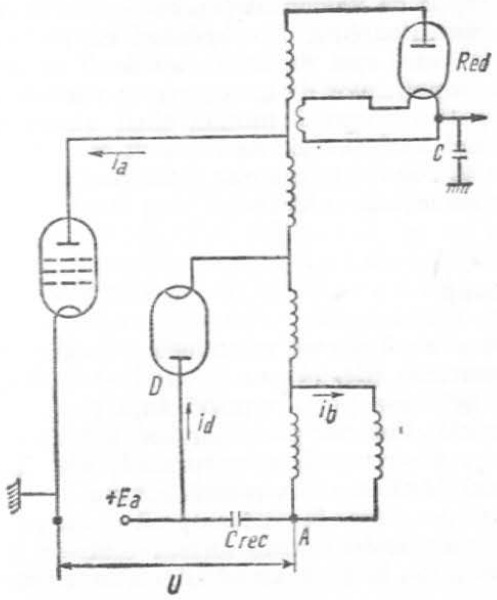


Fig. 73

impulsurile astfel obținute fiind redresate cu ajutorul unei diode redresoare de înaltă tensiune.

Televizoarelor moderne li se impun cerințe deosebite, una dintre ele, aferentă etajului, fiind stabilizarea dimensiunilor imaginii pe orizontală atunci cînd se modifică strălucirea imaginii sau cînd există variații ale tensiunii de alimentare. Dacă nu ar exista circuitele de stabilizare a dimensiunilor prin acționarea butonului de reglaj al strălucirii, lățimea imaginii s-ar mări sau micșora după cum strălucirea imaginii ar fi mai mică sau mai mare. De aceea este necesară menținerea constantă a amplitudinii curentului care circulă prin bobinele de deflexie, astfel încît odată cu micșorarea amplitudinii impulsului de întoarcere, să crească curentul anodic în tubul final și deci energia de compensare a pierderilor cedate transformatorului la fiecare perioadă. Realizarea dezideratului este relativ simplă, preluînd și redresînd printr-un element VDR (varistor) impulsurile de întoarcere. Se obține astfel o tensiune continuă de reglaj cu valoare dependentă de mărimea impulsurilor de întoarcere. Presupunînd că în urma modificării strălucirii sau variațiilor tensiunii de rețea amplitudinea impulsurilor de întoarcere se micșorează, tensiunea negativă a grilei tubului final alimentată prin intermediul varistorului, devine mai mică și curentul anodic al tubului se mărește, rezultînd, în final, stabilizarea dimensiunii orizontale.

Tubul cinescop

Piesa cea mai scumpă și mai voluminoasă a unui televizor, tubul cinescop (fig. 74), nu a suferit de-a lungul timpului modificări esențiale. În principiu, a rămas același balon de sticlă vidat, cu o parte cilindrică subțire, continuat de o porțiune aproape tronconică, din sticlă groasă, a cărui bază mare formează ecranul.

Tunul electronic, dispus în partea opusă ecranului, în capătul porțiunii cilindrice, este format dintr-un filament de wolfram sau wolfram toriat alimentat (dealtfel

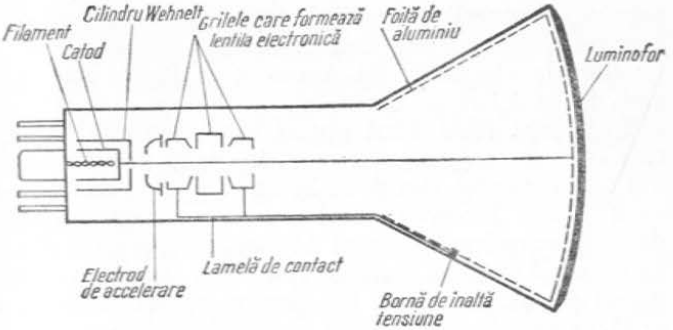


Fig. 74

ca și filamentele tuturor tuburilor electronice din televizor) la 6,3 V c.a. Tensiunea de alimentare a filamentelor se obține ușor, în aproape toate tipurile, de la una din înfășurările secundarului transformatorului de rețea. Filamentul nu necesită un curent continuu pentru alimentare, deoarece, în acest caz, interesează cantitatea de căldură degajată la trecerea curentului electric. Se știe că, potrivit legii lui Joule, cantitatea de căldură este proporțională cu pătratul intensității curentului ce străbate rezistența respectivă, adică $Q = RI^2t$ și independentă de natura curentului. Dependența de timp a cantității de căldură degajată este evidentă prin faptul că trebuie să așteptăm cîteva momente pînă cînd televizorul, și în general orice aparat electronic prevăzut cu tuburi, își începe programul. Este perioada de încălzire a televizoarelor.

În imediata apropiere a filamentului este plasat catodul. Acesta, după cum spune simpaticul Ignotus[1], nu este decît un ibric din care ies aburi de electroni puși pe reșoul care este filamentul. Într-adevăr, căldura primită prin influență de la filament provoacă creșterea energiei cinetice a electronilor de pe stratul de valență. Ca urmare, la depășirea unei valori limită a energiei

[1] Personaj al cărților „Radioul?... nimic mai simplu", „Televiziunea ?... nimic mai simplu" de E. Aisberg.

primite, electronii pot părăsi stratul de valență și deci catodul, rămînînd în jurul acestuia și formînd un fel de nor de electroni. Să amintim și faptul că acest gen de încălzire a catodului, încălzirea indirectă, a apărut după 1930. Pînă atunci toate tuburile electronice care se construiau erau cu încălzire directă. Catodul era alimentat direct de la sursă și se încălzea prin efect Joule. Inconvenientul era că anumite porțiuni, datorită unor imperfecțiuni de fabricație, erau încălzite mai mult și emiteau mai mulți electroni. După un număr destul de mic de ore de funcționare emisia electronilor se făcea neuniform, catodul îmbătrînind foarte repede.

În fața catodului se găsește grila Wehnelt (așa cum am văzut, înainte era o plăcuță metalică prevăzută cu un orificiu, acum fiind sub formă de cilindru) pe care se aplică tensiunea de reglaj a strălucirii. La valori negative mici ale tensiunii se facilitează trecerea unui număr mai mare de electroni spre ecran, deci o bombardare mai puternică a acestuia. Va rezulta o strălucire mai accentuată a luminoforului.

În continuare este plasat primul electrod de accelerare sau grila a doua. Aici vin tensiuni pozitive mari, de ordinul 200—600 V, pentru a imprima electronilor care au reușit să treacă prin prima grilă o viteză mare. Se știe că electronii avînd sarcini negative, sînt atrași de electrozii cu potențial pozitiv. În mișcare li se imprimă o viteză proporțională cu radicalul tensiunii dintre catod și electrodul respectiv, adică $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ unde e și m reprezintă sarcina, respectiv masa electronului.

Următorii trei electrozi, prin aplicarea unor tensiuni corespunzătoare, formează împreună o lentilă electronică. Astfel, pe primul și pe ultimul se aplică o tensiune înaltă de aproape 20 000 V. Tensiunea este preluată de la etajul redresor de înaltă tensiune și aplicată prin intermediul unui contact protejat de o ventuză de cauciuc (vizibilă cam la o treime distanță de ecran, pe partea tronconică a cinescopului). De la acest contact, prin interior, un strat de vopsea bună conducătoare de

electricitate, numit acvadag, face legătura electrică și cu o foiță extrem de subțire de aluminiu depusă pe suprafața interioară a stratului de luminofor. Pe al doilea electrod se aplică o tensiune, putînd ajunge pînă la 1000 V față de catod, stabilită la o valoare fixă de către fabricant sau putînd varia între anumite limite. Modificarea ei duce la focalizarea corectă a fasciculului.

Devierea mai mare sau mai mică a fasciculului de electroni în funcție de tensiunea existentă pe electrodul prin dreptul căruia trece, duce în final la o focalizare a fasciculului în așa fel încît să cadă exact pe stratul de luminofor.

Urmează stratul de aluminiu avînd mai multe funcțiuni. Existența lui face ca tot spațiul de după tubul electronic să fie lipsit de diferențe de potențial. Electronii se vor deplasa în acest spațiu numai datorită vitezei pe care o iau la ieșirea din tunul electronic. Aceasta permite de asemenea scurgerea electronilor de pe ecran înspre sursa de înaltă tensiune. Se preîntîmpină astfel posibilitatea ca electronii rămași în unele zone, prin scăderea potențialului pozitiv al punctelor respective, să frîneze alți electroni care ar mai veni, scăzînd iluminarea ecranului.

Dimensiunile stratului sînt astfel alese încît să nu stînjenească pătrunderea electronilor înspre luminofor dar, în același timp, să fie atît de gros încît să nu permită eventualilor ioni negativi să pătrundă înspre ecran. Aceștia, mai grei, sînt deviați mai puțin de către cîmpurile create în interiorul tubului cinescop. Ajunși pe ecran, ei cad de obicei în zona centrală, ducînd la distrugerea luminoforului. Vechile tuburi cinescop care nu aveau prevăzute foița de aluminiu, posedau o așa numită capcană de ioni, pentru evitarea distrugerii luminoforului.

În sfîrșit, după foița subțire de aluminiu, urmează, depus pe sticlă (groasă uneori pînă la 10 mm), stratul de luminofor, care are rolul de transformator al energiei cinetice a electronilor în energie luminoasă. Funcționarea sa are la bază proprietatea unor substanțe de a emite

lumină la acțiunea fasciculului de electroni cu energie cinetică mare.

Ca luminofori se folosesc cel mai des sulfura de zinc activată cu argint (emite lumină albastră) și sulfura de zinc și cadmiu activată cu argint (emite lumină galbenă). Pentru a obține lumina albă se amestecă aceste substanțe în anumite proporții.

În exterior, plasat pe gîtul tubului, acolo unde începe partea tronconică, se găsește blocul bobinelor de deflexie.

Deși, schematic, sînt încorporate în generatoarele de baleiaj, bobinele de deflexie constituie un bloc separat care are printre altele, două funcțiuni precise:

— realizarea deflexiei fasciculului de electroni fără distorsiuni geometrice;

— face ca energia de deflexie să fie cît mai mică posibil.

Braun asigura, în tubul său, o deflexie electrostatică a fasciculului, alimentînd perechile de electrozi cu tensiuni convenabile. Apariția deflexiei magnetice, obținută de Zenneck, a ușurat cu mult procesul de fabricare a tubului cinescop, a dus la micșorarea costului întreținerii distorsiunilor geometrice ale rastrului etc. Toate receptoarele moderne folosind tuburi cu unghi de deflexie de 110° au blocul bobinelor de deflexie constituit dintr-o pereche de bobine de tip *șa* pentru deflexia pe orizontală și o pereche de bobine *toroidale* pentru deflexia pe verticală, dispuse la distanță de 90° una față de alta. Formele adoptate au permis o montare compactă a celor două perechi de bobine într-un singur bloc care se poate aplica ușor pe gîtul tubului.

La o examinare mai atentă a cinescopului și, în special, a blocului amintit, se pot observa o serie de mici magneți plasați, o parte înainte de acest bloc și una sau două perechi dispuși la periferia lui. Primii sînt magneți de centrare (uneori se plasează chiar în blocul bobinelor de deflexie sub forma unor mici șaibe metalice magnetizate diametral). Manevrarea magneților de centrare are ca efect deplasarea întregii imagini în sensul dorit cu pînă la 10 mm.

Magneții de la periferia blocului bobinelor de deflexie sînt magneți de corecție. Ei compensează distorsiunile geometrice ale rastrului datorate unor imperfecțiuni ale bobinelor.

Deși față de primele tuburi cinescop cele actuale prezintă avantaje certe în ceea ce privește dimensiunile globale, distorsiunile și calitatea imaginii, există tendința de abandonare totală a lor și aceea de-a construi elemente capabile să realizeze sinteza imaginii pe principii noi, micșorîndu-și dimensiunile pînă la formatul „tablou", care poate fi agățat pe perete. Numai cu cîțiva ani în urmă dezideratul era încă un vis. Acum, așa cum vom vedea în alt capitol, visul începe să prindă contururi din ce în ce mai sigure.

Blocul de alimentare

Am văzut deja că un tub electronic necesită pentru alimentare atît tensiuni continue cît și alternative. Valorile acestora pot fi modificate, într-o plajă destul de largă, de la cîțiva — la sute de volți. Primind la intrare un curent alternativ de la rețeaua de 110 V sau 220 V, blocul de alimentare va trebui să furnizeze tensiuni continue, pozitive sau negative, cît și tensiuni alternative.

Diferențierea blocurilor de alimentare se poate face după modul de obținere a tensiunilor continue (cu redresarea unei singure alternanțe, cu redresarea ambelor alternanțe, cu dublare de tensiune) sau după modul cum sînt alcătuite filamentele tuburilor electronice (conectarea acestora în paralel pe înfășurarea transformatorului ce livrează 6,3 V c.a. ori în serie, în cazul tuburilor care au curent de filament de 300 mA). În majoritatea cazurilor se utilizează o schemă de redresare a unei singure alternanțe utilizînd o diodă semiconductoare. Montajul este mai economic scăzînd mult prețul de cost al unui receptor de televiziune.

În fig. 75 este prezentată schema blocului de alimentare a televizorului Miraj.

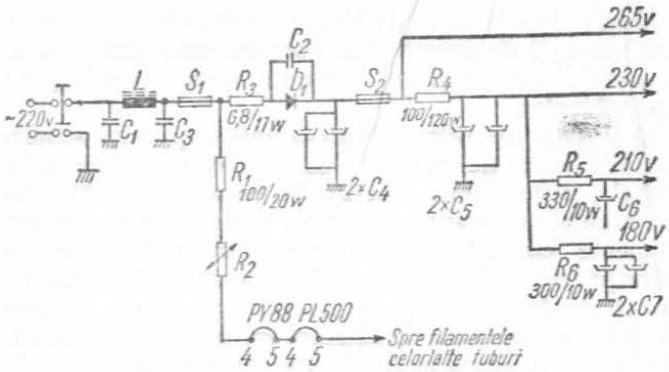


Fig. 75

De la rețeaua de 220 V, prin filtrele C_1, L, C_3, care opresc pătrunderea semnalelor perturbatoare de pe rețeaua electrică, curentul alternativ se aplică prin R_3, care are rolul de-a limita curentul de pornire diodei redresoare D. Se obțin pulsuri de curent netezite cu filtrele C_4, R_4, C_5, C_6, R_5, R_6, C_7.

Din diferitele puncte ale schemei se culeg tensiuni cu valori convenabile necesare alimentării diferitelor circuite. Înainte de redresare este preluată o parte din curent pentru alimentarea filamentelor tuburilor. Termistorul R_2 are rol de protecție a filamentelor tuburilor la pornire (menține o rezistență mare la pornire care scade de circa 10 ori după 2—3 minute).

Schema este economică întrucît utilizează puține piese, doar o singură diodă semiconductoare și, mai ales, a înlăturat complet transformatorul de alimentare, piesă grea și scumpă.

Am învățat să depanăm?

Nu putem spune acum, la sfîrșitul capitolului, că știm totul despre televizor, că putem interveni prompt — visul oricărui telespectator — în cazul unei defecțiuni.

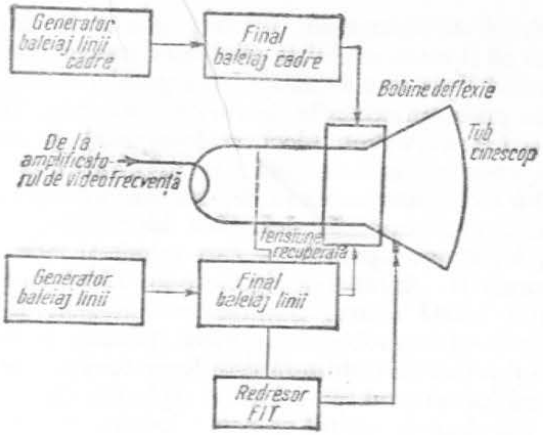


Fig. 76

Dealtfel, o astfel de operație nici nu este recomandabilă. Oricum, ar fi bine dacă, măcar în timp ce telefonați unui specialist, chemat să vă repare receptorul defect, să puteți localiza și să puteți spune (dacă vreți cu mîndrie) — Are ceva la baleiajul pe verticală!

O singură operație este necesară pentru a vă putea atinge scopul. Trebuie să observați televizorul! Să remarcați dacă are sunet, dacă are imagine sau, în cazul în care nu apare imaginea, dacă ecranul se iluminează (are rastru). Fiecare element poate da informații prețioase în vederea depistării etajului defect. În fig. 76, 77 și fig. 78, sînt reprezentate blocurile care

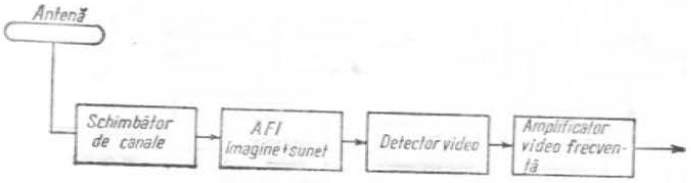


Fig. 77

contribuie la formarea fiecărui element. Atragem atenția că lipsa rastrului implică lipsa imaginii. Așadar, remarcînd lipsa unuia sau mai multor elemente, putem localiza cu o aproximație destul de bună etajul defect.

1. — *Lipsă rastrul* (deci și imaginea) *și sunetul.* Deranjamentul se datorează, în majoritatea cazurilor, blocului de alimentare sau, la televizoarele prevăzute cu pornire silențioasă, defectării blocului de baleiaj pe linii. Singura operație pe care o puteți face singuri se rezumă la schimbarea siguranțelor (dacă sînt arse).

2. *Nu există rastru. Sunetul este normal.* Evident, nu pot fi „bănuite" decît etajele indicate în fig. 76. Cauza cea mai des întîlnită este lipsa unei foarte înalte tensiuni pe anodul principal al tubului cinescop. În acest caz deranjamentul se poate localiza în redresorul de foarte înaltă tensiune sau în blocul de baleiaj pe linii. Uneori se poate întîmpla ca locul rastrului să fie luat de o fîșie orizontală, îngustă, strălucitoare. Lanțul bănuielilor se restrînge rămînînd în cauză doar baleiajul pe verticală și, mai puțin probabil, bobinele de deflexie pe verticală. Dacă fîșia este verticală defectul se datorează bobinelor de deflexie pe orizontală.

3. *Nu există imagine și sunet. Rastrul este normal.* Din compararea fig. 77 și a fig. 78 rezultă că defectul nu poate proveni decît din blocurile comune căilor de imagine și sunet, începînd de la bornele de antenă pînă la punctul de separare a semnalului de sunet de cel de imagine. Probabilitatea cea mai mare revine instalației de antenă și selectorului de canale. Cum

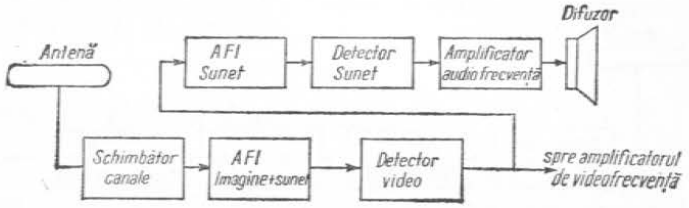


Fig. 78

instalația de antenă poate fi ușor verificată, rămîne a fi verificat, de către un specialist, selectorul de canale.

4. *Nu există imagine. Sunetul și rastrul sînt normale.* Sunetul fiind normal rezultă că toate etajele parcurse de semnalul de sunet funcționează corect. Singurul vinovat rămîne amplificatorul de videofrecvență. Dacă sunetul a fost extras înainte de detectorul video defectul se poate datora și acestui etaj.

5. — *Nu există sunet. Imaginea este normală.* Rezultă că, dintre etajele din fig. 78, cele parcurse și de semnalul de imagine pot fi scoase din cauză. Defectul poate aparține numai etajelor separate pentru calea de sunet, adică amplificatorului de frecvență intermediară sunet, detectorului de raport sau amplificatorului de audiofrecvență.

Pînă acum au fost luate în considerare numai cazurile în care lipsește total unul dintre elemente. Mai pretențioasă este localizarea etajului defect cînd televizorul funcționează, dar cu performanțe reduse. Observînd atent elementul perturbat se poate face o determinare aproximativă a etajului defect. Cauzele deranjamentelor fiind foarte variate și localizarea lor poate fi făcută în oricare din etajele componente ale televizorului. O trecere în revistă a lor ar însemna pătrunderea în detaliile etajelor fără a putea oferi cititorului toate elementele absolut necesare pentru o intervenție sigură.

III. CULORI PE ECRAN

Se redescoperă ochiul

Zworykin denumea iconoscopul său „ochi electronic". Era însă un „ochi nedezvoltat". Oricît de colorate ar fi fost imaginile, le vedea doar în alb-negru. Trebuia, pentru a-i reda ochiului un atribut esențial, culoarea, un adevărat complex electronic. Anatomia ochiului era cunoscută foarte bine. Nu se știa însă în aceeași măsură cui datorează ochiul una dintre proprietățile sale de seamă, posibilitatea de a distinge culorile. Strict anatomic, organul vederii este format din trei părți principale: globul ocular, nervul optic și centrii vizuali situați în encefal.

Globul ocular, de formă aproximativ sferică, are în partea din față un adevărat sistem optic prin care pătrund razele de lumină. Un prim țesut formează corneea transparentă suprapusă peste un altul care formează în partea din față irisul. Prezentînd o deschidere — pupila — cu rol de diafragmă, reglînd instinctiv cantitatea de lumină ce pătrunde în globul ocular, irisul are situat înapoia sa cristalinul. Razele de lumină străbat aceste medii transparente și, deviate, cad pe retină. Sistemul optic astfel constituit este convergent, imaginea formată pe retină fiind răsturnată, mai mică și reală. Retina este o prelungire periferică a creierului constituind o rețea nervoasă extrem de complicată. Este elementul traductor al ochiului.

Să examinăm, pe scurt, mecanismul formării imaginilor. Retina este acoperită cu un strat de celule microscopice în care deosebim două grupe:

— Celule de formă alungită, numite din această cauză bastonașe, în număr de circa 130 milioane, care

sînt sensibile la strălucire, dau informația de luminanță și disting forma obiectului. Sînt alcătuite dintr-o substanță numită rodopsină care se descompune sub acțiunea luminii și se reface la întuneric. Asigură și vederea crepusculară și nocturnă.

— Celule în formă de con, de unde și denumirea de conuri, sensibile la culoarea obiectelor, dau informația de crominanță (de culoare). Numărul lor este mult mai mic, fiind estimat la circa 6 milioane. Au în componență diferiți pigmenți ale căror transformări dau senzația de culoare.

Distribuția bastonașelor și conurilor pe retină nu este uniformă. Există regiuni în care predomină unele sau altele dintre celule. Astfel, în așa-numită pată galbenă există numai conuri. În apropierea ei încep să apară și bastonașele, mai rare, densitatea lor crescînd pe măsură ce ne depărtăm de pata galbenă. Din cauza distribuției lor, pata galbenă nu sesizează decît culori, restul retinei fiind sensibilă mai ales la informații de strălucire. Lipsa unora de pe retina unor animale duce la particularități ale vederii. Astfel, animalele ce văd bine noaptea (pisica, lupul, bufnița etc.) au retina formată aproape numai din bastonașe, pe cînd a celor de zi este formată aproape numai din conuri. Cum numai conurile percep informații de culoare — lor li se atribuie întregul mecanism al vederii colorate. Pentru explicarea ei au fost emise mai multe teorii. Una dintre ele, teoria tricromatică sau a culorilor fundamentale, elaborată de către Young și Helmholtz, stabilește că în retină există trei grupe de conuri. Fiecare grupă conține un număr variabil de conuri ce au în alcătuire o substanță fotosensibilă specială. Există conuri a căror substanță se descompune numai sub acțiunea radiațiilor cu o anumită lungime de undă. Se știe că ochiul percepe radiații cu lungime de undă cuprinsă între 397 și 783 milimicroni sau nanometri, radiații care formează spectrul vizibil. Fiecărei radiații cu lungimea de undă cuprinsă între cele două valori îi corespunde o culoare. Chiar dacă ochiul nu sesizează decît un număr limitat de nuanțe, numărul lor este

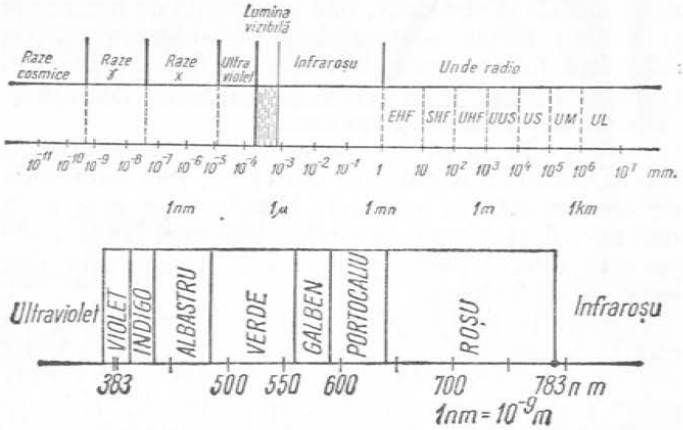


Fig. 79

foarte mare. Pornind de la culorile curcubeului s-a împărțit spectrul vizibil în 7 zone, fiecare fiind colorată diferit și avînd alocate lungimi de undă diferite.

În fig. 79 este reprezentat domeniul corespunzător spectrului vizibil. Deși fiecărei culori a curcubeului i-a fost afectată cîte o zonă întreagă, fiecărei radiații din spectru, cu o lungime de undă dată, îi corespunde numai o anumită nuanță de culoare. Nu este posibilă atribuirea unui nume fiecărei nuanțe așa că zonelor le-au fost atribuite numele culorii dominante. Totuși, un ochi familiarizat cu culorile va descoperi de exemplu, în zona de trecere de la albastru la verde culoarea denumită turcuaz iar în zona roșului un roșu cireașă, roșu sîngeriu, roșu vinețiu etc. Toată această zonă cuprinsă între 647 nm și 780 nm avînd culoarea dominantă de roșu, a primit numele acesteia.

Conform teoriei tricromatice cele trei feluri de conuri din alcătuirea retinei sînt sensibile la radiații cu lungimea de undă de $\lambda_R = 700$ nm (roșu), $\lambda_V = 546$ nm (verde), $\lambda_A = 436$ nm (albastru). Impresionarea aces-

1 nm — nanometru, a miliarda parte dintr-un metru.

tora simultan, dar în mod diferit, duce la excitații diferite din compunerea cărora rezultă culori cu diferite nuanțe. Numărul mai mare de bastonașe, ca și sensibilitatea lor mai ridicată, explică intensitatea sporită a activității lor în raport cu cea a conurilor. Mult mai mobile, la o iluminare mai puternică, bastonașele se îndepărtează unele de altele permițînd deschiderea mai puternică a conurilor. În acest fel, la iluminări mai mari ochiul distinge mai bine nuanțele de culoare. Pe măsură ce iluminarea se reduce, bastonașele încep să se apropie unele de altele, acoperind conurile. Culorile încep să se estompeze, iar la iluminări foarte mici (noaptea) dispar complet.

Prin urmare ochiul traduce imaginea colorată, formată pe retină, în două informații distincte: o informație de strălucire datorată activității bastonașelor și una de culoare (de crominanță) rezultată în urma activității celor trei grupe de conuri.

De fapt, în senzația de culoare, informația de crominanță conține atît date despre nuanța culorilor (dependentă de lungime a de undă a radiației, permițînd distingerea unei culori de alta) cît și date despre saturația sau puritatea acestora (reprezentînd gradul de diluare al culorii cu lumină albă, dînd aspectul viu sau pal al culorilor de aceeași nuanță).

Punerea în evidență a unui mare număr de pigmenți fotosensibili în conuri a dus, mai tîrziu, la formularea teoriei policromatice. Potrivit ei ar exista șapte tipuri de conuri, corespunzătoare celor șapte culori fundamentale. Impresionarea diferitelor conuri (mai mult sau mai puțin) duce, la nivelul scoarței cerebrale, la o compunere a senzațiilor. Rezultă culoarea compusă din amestecul a două sau mai multe culori fundamentale.

De fapt, nu se știe foarte exact cum se obține senzația de culoare. Legile care guvernează acest proces se supun formulării teoriei tricromatice sau celei policromatice? Nu pentru că ne mulțumim cu puțin vom accepta teoria tricromatică, ci pentru că, explicînd

la fel de bine mecanismul vederii colorate, corespunde încă stadiului actual al dezvoltării științei și tehnicii. Prin urmare o vom adopta, în continuare referindu-ne numai la ea.

Amestecul culorilor

Admițînd existența celor trei feluri de conuri, sensibile la radiațiile roșii, verzi și albastre, orice culoare existentă în natură se obține prin compunerea impresiei rezultate de la fiecare grupă. De la aceste considerente a pornit *Comisia internațională pentru iluminat* cînd a definit un prim sistem de culori primare pure, notat *RGB* (de la inițialele cuvintelor englezești Red = roșu, Green = verde, Blue = albastru). Noi îl vom nota *RVA*. Lungimile de undă corespunzătoare sînt:

$\lambda_R = 700$ nm
$\lambda_V = 546$ nm
$\lambda_A = 436$ nm.

Extrem de ușor se poate evidenția modul de obținere a culorilor prin amestecul celor trei culori primare. Dispunînd de trei proiectoare, fiecare avînd în față un disc colorat în una din culorile primare și făcînd ca fasciculele lor să se întrepătrundă, pe un ecran alb se vor observa culorile indicate în fig. 80. Trei dintre

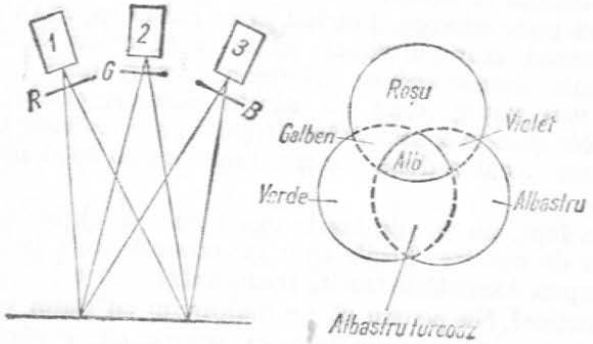


Fig. 80

ele rezultă din adunarea culorilor primare două cîte două, iar albul (redat aproximativ) din suprapunerea celor trei fascicule. Este așa-numitul *amestec aditiv al culorilor*, explicarea fenomenului fiind destul de simplă. În zona în care se obține galbenul, de exemplu, cad razele provenind de la fasciculul roșu și de la cel verde. Ecranul difuzează fără nici o modificare cele două radiații incidente, ochiul primind două informații, transmise pe calea nervului optic către creier iar acesta, neputînd să le disocieze, le compune. Rezultă culoarea intermediară, galbenul. Este vorba deci de o iluzie a culorii galbene din cauza incapacității creierului de a disocia informațiile de culoare primite.

Televiziunea în culori funcționează pe acest principiu al amestecului aditiv dînd, de fapt, o iluzie generală a culorilor (mai puțin a celor 3 culori primare). În cadrul aceleiași experiențe, modificînd intensitatea fluxului luminos al cîte unui fascicul, vom observa pe ecran, de la un caz la altul, o variație a culorilor într-o gamă în care un ochi foarte expert ar putea distinge extrem de multe nuanțe. În același timp se va putea observa faptul că în obținerea diferitelor nuanțe de culori contribuția fiecărui flux de culori primare nu este aceeași. Astfel, o cantitate mare de culoare verde influențează mult mai puțin culoarea amestecului decît o cantitate mică de culoare albastră. Relativ ușor se poate constata că prin amestecul culorilor primare cu fluxuri de intensități egale nu se obține culoarea albă așa cum ne-am aștepta, ci o culoare apropiată de albastru. Rezultă că proporția în care este luată fiecare dintre cele trei culori primare este hotărîtoare pentru obținerea unei anumite culori. Pe baza rezultatelor experimentale asociate cu ceea ce colorimetria cunoaște încă de la 1850 cu privire la obținerea culorilor (datorită legilor enunțate de Herman Grassmann) s-a stabilit ecuația culorii:

$$C = rR + vV + aA$$

Ecuația exprimă posibilitatea obținerii oricărei culori prin luarea unei anumite cantități r de culoare roșie (R), v de culoare verde (V) și a de culoare albastră (A). Coeficienții r, v, a se numesc coeficienți tricromatici. Relația care leagă între ei coeficienții tricromatici $r+v+a=1$, arată că valoarea fiecăruia este relativă față de suma amestecului și că, pentru a defini nuanța unei anumite culori, este suficient să cunoaștem valoarea a doi dintre ei, cel de al treilea rezultînd imediat prin scăderea din 1 a sumei celorlalți doi.

Pentru toate culorile posibile au fost făcute măsurători ale valorilor coeficienților tricromatici, rezultînd graficul din fig. 81 cu ajutorul căruia se poate determina rapid mărimea coeficienților pentru orice culoare căreia îi știm lungimea de undă. Se observă că utilizarea acestui sistem conduce la apariția unor valori negative pentru unul dintre coeficienți și prin urmare valori mai mari decît unitatea pentru altul.

Grafic, sistemul colorimetric RVA poate fi reprezentat sub forma unui triunghi echilateral denumit

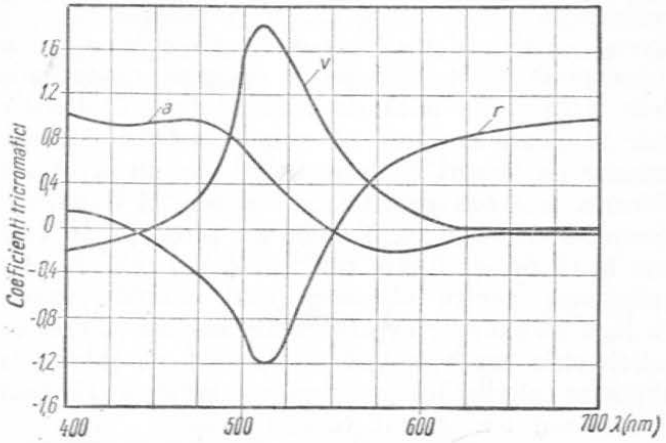


Fig. 81

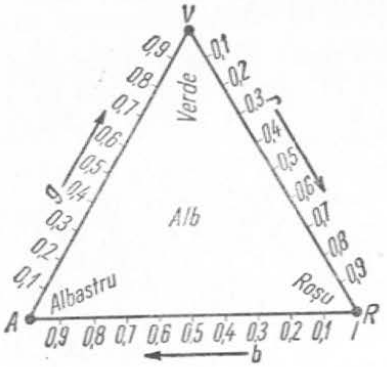


Fig. 82

triunghiul culorilor. Vîrfurile sale sînt tocmai culorile fundamentale, în centru fiind plasată culoarea albă (fig. 82). Deoarece există în natură culori care se pot obține prin amestecul (în proporții determinate) culorilor primare dar care nu intră în acest triunghi, *Comisia internațională pentru iluminat* a elaborat, în 1931, un nou sistem colorimetric, numit XYZ, operînd de data aceasta cu niște culori fictive X, Y, Z, cu saturație mai mare dar avînd avantajul că în interiorul său cuprinde toate culorile reale. Pentru orice culoare dată, coeficienții tricromatici x, y, z sînt pozitivi, mai mici decît 1. Ecuația unei culori este în acest caz

$$A = xX + yY + zZ$$

unde

$$x + y + z = 1.$$

Ca și în cazul sistemului RVA relația existentă între coeficienții tricromatici permite determinarea unuia cînd cunoaștem valorile celorlalți doi.

Pe baza acestor relații se poate construi o curbă în interiorul căreia să găsim toate valorile existente în natură putînd totodată evidenția culorile alese ca fiind fundamentale pentru televiziunea în culori.

Despre compatibilitate

Înainte de a vedea cum a evoluat în timp ideea de realizare a televiziunii în culori, să încercăm să sintetizăm cerințele impuse acesteia, ce anume o diferențiază de televiziunea în alb-negru.

Principiul televiziunii în alb-negru, de descompunere a imaginilor în elemente de imagine, de analiză a acestora linie cu linie, cadru după cadru, de transmitere a informațiilor privitoare la luminozitatea acestora și de recompunere, la recepție, a informațiilor primite rămîne valabil și pentru televiziunea în culori. În plus, la aceasta din urmă, trebuie transmisă informația de culoare a elementului de imagine considerat. Este necesar, mai ales, să existe elementul tehnic capabil să transforme culoarea în semnal electric la emisie, posedînd corespondentul său invers la recepție, respectiv un tub cinescop care să poată recompune imaginea colorată, să redea toate detaliile colorate.

Deocamdată, ceea ce se impune ca o necesitate de prim ordin televiziunii în culori este ceea ce denumim compatibilitatea cu televiziunea în alb-negru. Este vorba despre posibilitatea recepționării emisiunilor de televiziune în culori cu receptorul de televiziune alb-negru, bineînțeles fără atribute de culoare. Se cere însă și reversul (retrocompatibilitate sau compatibilitate inversă), adică posibilitatea captării programelor de televiziune în alb-negru cu televizoarele color, desigur tot în alb-negru.

Compatibilitatea este obligatorie numai în această etapă cînd televiziunea în culori vine ca o continuare firească a celei în alb-negru pentru care timp de cîteva decenii au fost făcute investiții uriașe. Infrastructura de emițătoare, radiorelee, numărul imens de receptoare alb-negru impun televiziunii în culori, de la început, parametri care să fie utilizați în ambele cazuri. Astfel, semnalul video, al televiziunii în culori, va trebui să conțină informații de luminozitate (semnal de luminanță) care să poată fi transpuse pe ecranul unui televizor alb-negru rezultînd o imagine tot atît de bună

ca și în cazul recepționării unei emisiuni obișnuite în alb-negru. Semnalul purtător de informații de culoare (semnalul de crominanță) să fie construit în așa fel încît receptorul de televiziune alb-negru să-l poată ignora, acționînd numai asupra receptorului color.

S-ar părea că problema compatibilității a apărut tîrziu, odată cu mărirea considerabilă a numărului de receptoare pentru televiziunea în alb-negru. Strict istoric necesitatea compatibilității a fost evidențiată într-o perioadă cînd chiar și televiziunea în alb-negru se afla la primele încercări, adică în 1939, de către savantul francez G. Valensi. Poate și datorită ei, introducerea televiziunii în culori a trebuit să aștepte 15 ani, pînă în 1953, cînd a fost adoptat ca un prim sistem compatibil de televiziune în culori, sistemul american **NTSC.**

Puțină istorie

Posibilitatea realizării televiziunii în culori a fost întrevăzută cu mult înainte de ieșirea totală în lume a televiziunii în alb-negru. Istoria ei ar putea începe din secolul trecut, mai precis de la 23 decembrie 1899 cînd inginerul electrician A. Polumordvinov anunța construirea unui „Aparat de distribuție a luminii folosit pentru transmiterea imaginilor la distanță". În patent, obținut în 1906, este descris aparatul înzestrat cu două discuri (asemănătoare discului Nipkow) care realiza sinteza unor imagini de calitate nu prea bună.

Al doilea pionier al televiziunii în culori a fost, tot un rus, inginerul I.A. Adamian care a obținut în 1907, în Germania, și un an mai tîrziu în Rusia, un patent pentru o instalație de televiziune în culori. Abia în 1925, I.A. Adamian a reușit să pună la punct un sistem utilizînd trei culori fundamentale, din sinteza cărora rezultau toate celelalte culori. Scena de transmis era explorată la emisie, pe rînd, de trei dispozitive echipate cu celule fotoelectrice și discuri Nipkow.

Fiecare disc era acoperit cu un filtru colorat în una din culorile fundamentale. Rezultau astfel trei imagini monocrome, colorate în roșu, verde și albastru. Spre recepție se transmiteau, pe rînd, semnalele provenite de la ele. Imaginea colorată transmisă era recompusă cu ajutorul unui disc Nipkow (cu trei serii de găuri acoperite fiecare cu filtre colorate diferit).

Cu un sistem analog a realizat, în 1928, John Logie Baird o demonstrație publică la Glasgow. Experiența lui Baird este consemnată de istorici drept prima transmisiune de televiziune în culori din lume. Zece ani mai tîrziu, în 1938, la Londra, în fața a 3 000 de spectatori, obținea, pe un ecran de 3,7×2,7 m, imagini televizate colorate transmise de la o depărtare de aproape 100 m, dar de o calitate nu prea bună. Utilizarea dispozitivelor mecanice pentru analiza și sinteza imaginii permitea obținerea unei imagini descompusă doar în 120 de linii.

Să remarcăm și experiențele efectuate în laboratoarele Bell, locul în care au fost date la iveală unele dintre cele mai de seamă descoperiri ale electronicii moderne. În 1929, erau anunțate rezultatele cercetărilor legate de transmiterea simultană, pe trei canale separate, a semnalelor provenite de la cele trei imagini monocrome în care era descompusă scena de transmis. La recepție, după amplificarea celor tre semnale de cîte un amplificator separat, cu ajutorul unor oglinzi dicroice (oglinzi cu proprietatea de a lăsa să treacă numai o parte din razele de lumină incidente, corespunzătoare unei anumite lungimi de undă, reflectînd restul), imaginile obținute pe ecranele celor trei tuburi cinescop erau suprapuse. Cu ajutorul unui disc Nipkow, imaginea, descompusă în 50 de linii, transmisă cu 17 cadre pe secundă, devenea vizibilă.

Experiențele marcau apariția unei dileme pe care oamenii de știință trebuiau să o rezolve în timp. Era, deja, unanim admisă necesitatea descompunerii imaginii colorate în trei imagini monocrome, corespunzătoare celor trei culori fundamentale, după explorarea cărora se obțineau trei semnale electrice.

Adamian și Baird propuseseră transmiterea lor succesivă. Savanții de la Bell transmiteau simultan cele trei semnale, utilizînd însă trei canale de televiziune. Era necesară, deci, o bandă de frecvență de trei ori mai mare și, evident, aparataj mai complex. Tranșarea în favoarea uneia dintre posibilitățile de lucru s-a făcut destul de rapid, aproape toate sistemele care au apărut ulterior transmițînd succesiv semnalele corespunzătoare celor trei imagini monocrome, colorate în una din culorile fundamentale.

Vom trece în revistă numai cîteva dintre acestea, ele prezentînd acum doar o importanță istorică întrucît sînt incompatibile cu televiziunea în alb-negru. Atunci cînd această problemă nu se va mai pune, unele dintre ele vor putea fi reluate, așa cum s-a întîmplat de curînd cu sistemul propus în 1945 de societatea americană „Columbia Broadcasting System", creație a savantului Peter Goldmark[1], denumit de contemporani „savantul de trei ori genial". Lui i se datorează și microsionul folosit astăzi, și, recent, un sistem de înregistrare a imaginilor cu aplicații multiple.

Transmisiunile de televiziune în culori din spațiul cosmic, inaugurate de nava spațială Apollo XI, au fost realizate cu ajutorul unei camere de luat vederi realizată de firma „Westinghouse" după proiectele inițiale ale lui Peter Goldmark modificate la cererea N.A.S.A. În loc de o cameră obișnuită, cu mai multe tuburi videocaptoare care ar fi necesitat un spațiu mare și ar fi fost aproape imposibil de reglat și comandat de la sol, prin telecomandă, la bordul navei a fost plasată o cameră cu un singur tub videocaptor, avînd în față un disc rotitor cu 6 filtre.

Sistemul propus inițial (fig. 83) funcționa astfel: La fiecare 1/144 secunde filtrul se schimba. În intervalul de timp cît se afla în fața tubului videocaptor un

GOLDMARK, Peter Carl (n. 1906), om de știință american. Inventator al discului microsion, al unui sistem de televiziune în culori și al unui sistem de înregistrare a imaginilor de televiziune pe peliculă.

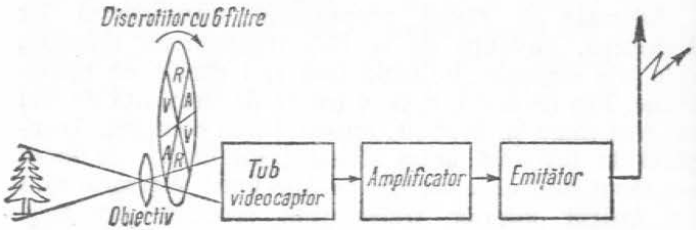


Fig. 83

anumit filtru, prin sistemul de deflexie conceput special, se asigura explorarea scenei de transmis după 171,5 linii. În acest mod, după $6 \times \frac{1}{144}$ secunde $= \frac{1}{24}$ secunde, scena era explorată de două ori cu fiecare fel de filtru, asigurînd, prin întreţeserea explorării, transmiterea succesivă a trei cadre (în total 6 semicadre sau cîmpuri din care 3 pare şi 3 impare). Sistemul era un sistem secvenţial, transmiţînd informaţiile despre fiecare culoare una după alta. Asigurînd descompunerea după cîmpuri, a primit denumirea de sistem secvenţial de cîmpuri. Neadoptarea lui s-a datorat incompatibilităţii cu televiziunea în alb-negru (necesita o frecvenţă de explorare pe verticală de 144 Hz în loc de 60 Hz cît are standardul american, iar frecvenţa de explorare pe orizontală era de 24 696 Hz în loc de 15 625 Hz) cît şi faptului că, pentru a obţine o definiţie bună era necesară o lărgime a canalului de transmisiune mai mare decît standardul în alb-negru.

În cazul transmisiunilor din cosmos probleme mai grele au apărut odată cu necesitatea transcordării din sistemul CBS în sistemul naţional american pentru ca programele să poată fi difuzate. De fapt, abandonarea sa nu este totală întrucît se mai foloseşte în unele instalaţii de televiziune în circuit închis cu redare prin proiecţie pe ecran cu suprafaţă mare (pînă la 80 m²) utilizînd procedeul de proiecţie imaginat de profesorul elveţian Fritz Fischer din Zürich, numit procedeul Eidophor.

Aceleaşi posibilităţi de reluare (cînd nu se va mai pune problema compatibilităţii) se întrevăd şi în cazul sistemului firmei americane CTI (Color Television Incorporated) prezentat la FCC (Comisia Federală pentru Comunicaţii) în 1949. În 1950, cu o instalaţie construită după sistemul CTI, au fost făcute cîteva demonstraţii publice de televiziune în culori. În acest caz informaţiile de culoare se transmit succesiv după fiecare linie. Pentru fiecare din liniile de explorare se obţine o singură informaţie de culoare în ordinea roşu, verde, albastru, urmărind ca prin intreţeserea lor să rezulte imaginea policromă iniţială. Spre deosebire de alte sisteme care au fost doar propuse, fără a fi experimentate un timp mai îndelungat, cel al firmei CTI, denumit sistem secvenţial pe linii, şi-a găsit aplicaţii ulterioare. Astfel în 1965, japonezul V. Sughara a realizat un sistem pentru redarea imaginilor tip carte poştală, utilizînd principiile sistemului propus de CTI. Să amintim însă faptul că un sistem similar, secvenţial pe linii, fusese propus încă din 1929 de către inginerul sovietic I.S. Volkov care construise şi o machetă a sistemului.

În 1949 o altă firmă americană, RCA (Radio Corporation of America), propunea primul sistem de televiziune în culori care putea fi adaptat la lăţimea de bandă a televiziunii în alb-negru, asigurînd compatibilitatea. Cu o imagine nu prea bună, granuloasă, necesitînd pe lîngă reglaje şi corecţii complexe un dispozitiv de comutare electronică destul de pretenţios, sistemul a fost abandonat, mai ales că televizorul trebuia să posede trei cinescoape, cîte unul pentru fiecare culoare fundamentală. Suprapunerea lor se făcea cu ajutorul unor sisteme optice.

În Uniunea Sovietică, experienţele pentru realizarea unui sistem de televiziune începute înainte de cel de al doilea război mondial au fost reluate în 1947. Leningradul a devenit astfel, la 7 noiembrie 1952, primul oraş din URSS în care au putut fi recepţionate imagini de televiziune în culori.

Toate încercările de a crea un sistem de televiziune în culori au fost sintetizate în 1953, cînd a fost dat în exploatare sistemul american **NTSC**.

În Europa, cercetări intense au dus la apariția sistemelor **SECAM** (francez) și **PAL** (vest-german). Deoarece acestea au fost adoptate ca sisteme naționale în țările în care au fost create și în multe altele, vor fi analizate în capitole separate.

Să remarcăm că în toată perioada de după 1953 pe lîngă sistemele amintite, adoptate și date în exploatare, au mai apărut și altele, neadoptate din diverse motive.

Astfel, cercetătorii francezi au mai propus un sistem denumit „dublu mesaj", elaborat de un colectiv de cercetători conduși de prof. G.A. Boutry. De asemenea au fost propuse sisteme de televiziune în culori de către firma „Philips" din Olanda, sistem conceput de savantul american R.B. Dome și de către „Institutul de cercetări pentru radiodifuziune și televiziune din Praga", rod al muncii unui colectiv de cercetători condus de M. Ptacek. Interesant este sistemul propus în 1960 de un grup de cercetători ai „Institutului de cercetări radiotehnice din München", condus de prof. N. Mayer. Sistemul numit FAM (Frequency and amplitude modulation), deși foarte asemănător celui american, elimină unele defecte ale acestuia. Și-a găsit în ultima vreme aplicații la înregistrarea programelor de televiziune în culori pe magnetoscoape (aparate complexe cu ajutorul cărora se înregistrează pe bandă magnetică imaginile de televiziune). Sintetizînd, am putea spune că din punct de vedere istoric în evoluția televiziunii în culori se pot distinge trei etape:

— prima, dominată de caracterul electromecanic al instalațiilor construite, a evidențiat principiul tricromiei ca principiu de bază în obținerea imaginilor policrome. Începută în secolul trecut, cu aparatul lui Polumordvinov, etapa se sfîrșește în anii premergători celui de al doilea război mondial;

— a doua, face, în prima jumătate a ei, trecerea spre televiziunea pur electronică devenind în a doua

jumătate, o etapă de acumulare a realizărilor. Aici s-ar putea încadra sistemul propus de firma Bell în 1929 deși începutul său poate fi anul 1938 cînd a fost propus de G. Valensi sistemul. Etapa se încheie în 1953 odată cu adoptarea sistemului american **NTSC** ca sistem național de televiziune în culori;

— a treia etapă este marcată atît de elaborarea sistemelor **SECAM** și **PAL** dar și de propunerea altor sisteme de televiziune în culori. În curs de desfășurare, această etapă este dominată de încercările actuale de îmbunătățire a performanțelor televiziunii în culori.

Ecuații și întrebări

Înainte de a analiza detaliat sistemele de televiziune în culori adoptate ca sisteme naționale, să vedem cîteva dintre elementele care sînt comune tuturor.

Imaginile văzute zilnic pe ecranele televizoarelor în alb-negru sînt, de fapt, imagini colorate. Ochiul este frustat de culoare întrucît camerele de luat vederi „văzînd" numai în alb-negru ne obligă la același lucru și pe noi. Știm ce este un semnal video complex, știm de asemenea că el conține și alte impulsuri electrice, necesare pentru asigurarea bunei funcționări a televizorului. Valoarea maximă a semnalului (numit de luminanță sau de strălucire) dă pe ecranul cinescopului un alb intens. Valoarea minimă (sub minim găsindu-se impulsurile de stingere și de sincronizare) dă negrul. Atragem atenția că acest gen de reprezentare corespunde polarității pozitive a semnalului video complex. Din motive care au fost arătate, în televiziune se inversează semnalul, lucrîndu-se cu semnale cu polaritate negativă. Între aceste două valori extreme, amplitudinea semnalului redă, în diverse tonuri de gri, mulțimea culorilor naturale ale scenei de transmis. De exemplu, culoarea albastră a scenei apare pe ecranul televizorului într-un gri închis, apropiat de negru. Semnalul video de luminanță va avea amplitudinea cam de 11% din valoarea maximă. Pe măsură

ce valorile amplitudinii cresc, griul de pe ecranul cinescopului se deschide, corespunzînd, pe rînd, roșului (30% din valoarea maximă), movului (41%), verdelui (59%), galbenului (89%), ajungînd la alb abia atunci cînd s-a atins valoarea maximă.

În 1953, cînd din experiența și din ideile referitoare la realizarea televiziunii în culori a rezultat sistemul **NTSC**, se știa că pentru a fi compatibil este absolut necesar ca semnalul de luminanță să fie construit după „calapodul" celui din televiziunea în alb-negru. Studiile experimentale făcute au indicat ecuația cea mai bună a semnalului de luminanță E_Y pentru televiziunea în culori, format din semnalele corespunzătoare celor trei culori fundamentale (E_R, E_V, E_A).

Astfel

$E_Y = 0{,}30,\ E_R + 0{,}59\ E_V + 0{,}11\ E_A.$

Cînd $E_R = E_V = E_A = 1$ (ca valori absolute) se obține un alb intens iar cînd $E_R = E_V = E_A = 0$ rezultă negrul.

Dacă $E_R = 1,\ E_V = E_A = 0$, semnalul de luminanță va avea amplitudinea $E_Y = 0{,}50 \times 1 + 0{,}59 \times 0 + 0{,}11 \times 0 = 0{,}30$ — rezultînd pe ecranul unui cinescop tricrom culoarea roșie iar pe unul alb-negru un gri închis.

Galbenul se obține din amestecul culorilor roșu și verde. În acest caz $E_R = E_V = 1,\ E_A = 0$, amplitudinea semnalului de luminanță fiind $E_Y = 0{,}30 \times \times 1 + 0{,}59 \times 1 + 0{,}11 \times 0 = 0{,}89$.

Pe ecranul unui cinescop alb-negru va apare un gri deschis aproape alb.

Un element de imagine colorată este determinat dacă se cunosc trei parametri: nuanță (este caracterizată de lungimea de undă și permite deosebirea unei culori de alta), puritate (gradul de diluare al culorii cu lumină albă dînd aspectul viu sau pal al culorilor) și strălucire. La prima vedere s-ar părea că este obligatorie transmiterea semnalelor de culoare E_R, E_V, E_A, dat fiind faptul că orice culoare se obține, așa cum am văzut, prin amestecul aditiv al culorilor fundamentale. Dacă ținem seama de faptul că semnalul

de luminanță, transmis continuu pentru a asigura compatibilitatea, conține, prin ecuația sa, înglobate și informații despre culoare, că între coeficienții tricromatici există relația $r + v + a = 1$, rezultă că putem transmite numai două semnale de culoare, cel de al treilea rezultînd printr-o operație de scădere efectuată în circuitele receptorului.

De fapt nu se transmit două semnale de culoare ci două, așa-numite, semnale de diferență de culoare E_{R-Y} și E_{A-Y}, din al căror amestec, în proporție de 51% primul și 19% al doilea, rezultă cel de al treilea E_{V-Y} (amestecul se face în receptor). Se asigură în acest fel și compatibilitatea inversă (recepționarea programelor alb-negru cu un televizor color). Deci într-un sistem de televiziune în culori compatibil se transmit trei semnale:

— un semnal de luminanță E_Y construit în așa fel încît să fie recepționat și de televizoarele în alb-negru (compatibilitatea directă). El este purtătorul informației de luminozitate a elementului de imagine considerat;

— două semnale de diferență de culoare, E_{R-Y} și E_{A-Y}, purtătoare de informații asupra culorii, transmise în așa fel încît să nu acționeze decît asupra receptoarelor color. După modul de transmitere al semnalelor de crominanță apar diferențieri între sistemele adoptate deocamdată.

Este necesar să răspundem aici la cel puțin două eventuale întrebări referitoare la semnalele de crominanță. Mai întîi, de ce nu se transmit semnale de culoare E_R, E_V, E_A ci semnale de diferență de culoare E_{R-Y} și E_{A-Y}? Pe de o parte știm că semnalul de luminanță E_Y a fost construit din cele trei semnale de culoare, deci conține informații despre toate cele trei culori. Cum o culoare este determinată de trei parametri (luminozitate, saturație și nuanță spectrală) nu mai avem nevoie de încă trei semnale pe lîngă cel de luminanță, ci doar de două. Se „economisește" în acest mod transmiterea unui semnal. În plus, în orice imagine colorată cea mai mare parte este ocu-

pată de locurile necolorate sau slab colorate. Dacă s-ar transmite, de exemplu, semnalele E_Y, E_R și E_A în punctele albe ale imaginii ar exista toate aceste trei semnale (E_Y pentru luminozitate, E_R și E_A pentru că intră în componența culorii albe). Prezența lor în punctele în care nu este necesară duce la perturbații jenante pe ecranele televizoarelor. Din aceste motive s-a căutat ca semnalele de crominanță să fie construite astfel încît să se anuleze în punctele necolorate și să aibă o valoare foarte mică în punctele slab colorate. S-a recurs la semnalele de diferență de culoare E_{R-Y} și E_{A-Y} construite prin scăderea celor două semnale componente (E_R și E_Y și, respectiv E_A și E_Y) care pentru puncte necolorate sînt nule avînd o valoare neglijabilă în punctele slab colorate. Pentru a putea arăta acest lucru vom atrage din nou atenția că lumina albă se obține din amestecul aditiv al celor trei culori fundamentale. Semnalul de luminanță E_Y corespunzător unui punct alb, de exemplu, se obține cînd $E_R = E_V = E_A$, luînd din fiecare proporțiile indicate de ecuația semnalului de luminanță.

Astfel, pentru puncte albe avem:

$$E_{R-Y} = E_R - E_Y = E_R - (0{,}30\ E_R + 0{,}59\ E_V + 0{,}11\ E_A) = E_R - (0{,}30\ E_R + 0{,}59\ E_R + 0{,}11\ E_R) = E_R - (0{,}50 + 0{,}59 + 0{,}11)\ E_R = E_R - E_R = 0.$$

De asemenea

$$E_{A-Y} = E_A - E_Y = E_A - (0{,}30\ E_R + 0{,}59\ E_V + 0{,}11\ E_A) = E_A - (0{,}30\ E_A + 0{,}59\ E_A + 0{,}11\ E_A) = E_A - (0{,}30 + 0{,}59 + 0{,}11)\ E_A = E_A - E_A = 0.$$

A doua întrebare care s-ar putea ivi ar fi următoarea: dacă se transmit două semnale de diferență de culoare, de ce tocmai E_{R-Y} și E_{A-Y} și nu altă combinație, de exemplu E_{R-Y} și E_{V-Y}? Se poate răspunde ușor întrebării dacă se ține seama că din cele trei combinații posibile (E_{R-Y} și E_{A-Y}; E_{R-Y} și E_{V-Y}; E_{A-Y} și E_{V-Y}) în două intervine E_{V-Y}. Ori, tocmai E_{V-Y} s-a căutat să nu se transmită întrucît amplitudinea

lui este mai mare decît a celorlalte două (E_{R-Y} și E_{A-Y}). Cum în procesul de prelucrare a semnalelor la emisie mai este necesară o așa-numită ponderare, o micșorare a amplitudinii semnalelor de diferență de culoare transmise, pentru ca să nu apară perturbații, rezultă clar motivul alegerii semnalelor E_{R-Y} și E_{A-Y} ca semnale de diferență de culoare.

Dar, deși lumea imaginilor colorate televizate este separată de existența mai multor sisteme, există încă elemente comune tuturor.

Aici, vom evidenția doar faptul că, la emisie, tuburile videocaptoare pot fi utilizate în oricare sistem. Semnalele obținute sînt prelucrate ulterior în mod diferit și transmise în spațiu. Condiția esențială a unui tub videocaptor pentru televiziunea în culori este legată de existența unei sensibilități cît mai mari. Să ne gîndim că imaginea de transmis trebuie descompusă în trei imagini monocrome a căror luminozitate este mai mică decît aceea a imaginii inițiale. În plus, existența filtrelor și a diverselor sisteme optice duce la pierderi suplimentare. Deocamdată, frecvent folosite sînt tuburile videocaptoare de tip superorticon. Cînd va fi îmbunătățită substanțial sensibilitatea vidiconului, acesta va putea înlocui complet tuburile superorticon, pretențioase în manevrare și exploatare.

NTSC

Vom începe analiza mai detaliată a sistemelor de televiziune în culori cu sistemul american **NTSC**, primul născut din seria celor adoptate ca standarde naționale.

Ajuns la o vîrstă „venerabilă", sistemul conceput ca sumă a ceea ce era mai bun în încercările anterioare, a reprezentat în momentul apariției (1953) o culme a posibilităților tehnice din acest domeniu. Telespectatorii erau însă destul de circumspecți. Neavînd elementul de comparație pentru calitățile tehnice ale sistemului, se mulțumeau cu o expectativă deloc îmbucurătoare

pentru constructori. Astfel, după aproape 10 ani de la darea lui în exploatare, deși între timp fusese adoptat ca sistem național și în Japonia, producția de televizoare color nu depășea 200 000 de bucăți pe an. Mai mult, scurt timp după darea în exploatare, s-a descoperit un defect în reproducerea culorilor. Pentru acest motiv, puțin răutăcioși, telespectatorii americani au schimbat înțelesul inițialelor care dau numele sistemului. Chiar și acum, prin **NTSC** nu întotdeauna se înțelege „**N**ational **T**elevision **S**ystem **C**ommittee" adică „Comitetul pentru sistemul național de televiziune" ci „**N**ever **T**wice the **S**ame **C**olour" adică „niciodată de două ori aceeași culoare". Îndreptățită într-o oarecare măsură, noua accepțiune a inițialelor **NTSC** se referă la faptul că aceeași culoare, de pildă galbenul, în două momente diferite ale vizionării programului, este reprodus pe ecranul televizorului odată ca galben, iar a doua oară virînd spre o nuanță verzuie. Este adevărat, receptoarele moderne au fost prevăzute cu un reglaj al nuanței culorilor, în general accesibil telespectatorilor. Ca mai totdeauna, telespectatorul nu știe să-l folosească corect și aceasta determină distorsionarea culorilor. De aceea se înregistrează tendința de a echipa receptoarele cu un dispozitiv de reglaj automat al nuanței culorilor (**ATC** = **A**utomatic **T**int **C**ontrol). Cărui fapt se datorează instabilitatea nuanței culorilor, vom vedea mai departe.

Evident, primul pas făcut în realizarea sistemului **NTSC** a fost alegerea lungimilor de undă ale radiațiilor monocromatice care formează sistemul *RVA* al culorilor fundamentale.

Au fost adoptate: $\lambda_R = 610$ nm
$\lambda_V = 535$ nm
$\lambda_A = 470$ nm.

Trebuia să fie construite semnalele de luminanță și de crominanță avînd în vedere atît necesitatea compatibilității directe și inverse, cît și a obținerii unor rezultate satisfăcătoare, cu aparatură cît mai simplă și ieftină.

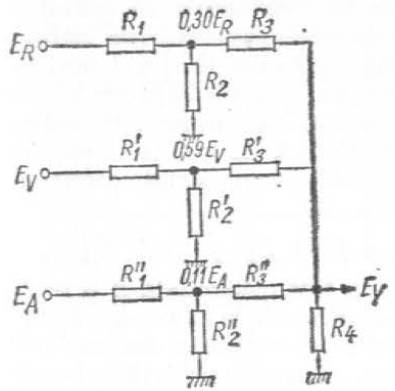


Fig. 84

Se știa deja un element al viitorului sistem compatibil: ecuația semnalului de luminanță E_Y. Destul de ușor a fost imaginat un dispozitiv, numit mai tîrziu circuit matrice, cu ajutorul căruia se putea construi semnalul de luminanță. Un montaj cu cîteva elemente pur rezistive (fig. 84), dimensionate corespunzător, asigură la ieșirea sa exact părțile convenabile din semnalele de culoare E_R, E_V, E_A aplicate intrării.

Prin adunarea a 30% din tensiunea de ieșire a tubului corespunzător culorii roșii, 59% din cea a tubului corespunzător culorii verzi și 11% din cea a tubului corespunzător culorii albastre rezultă E_Y în forma sa optimă, adică

$$E_Y = 0{,}30\ E_R + 0{,}59\ E_V + 0{,}11\ E_A.$$

Să vedem modul de formare a semnalelor de crominanță în cazul sistemului **NTSC**. Am văzut că purtătoare ale informațiilor complete despre culoarea unui anumit element de imagine sînt semnalele de diferență de culoare E_{R-Y} și E_{A-Y}. Dar, ele nu sînt transmise așa cum se obțin la ieșirea circuitului matrice ci după prelucrări prealabile. În primul rînd li se micșorează amplitudinea și apoi, prin operații de adunare sau scădere efectuate cu ajutorul circuitelor matrice, se obțin semnalele de crominanță propriu-zise.

Pornindu-se de la constatarea că ochiul are posibilități maxime de a discerne culorile într-o anumită regiune a diagramei culorilor (în jurul unei axe orientate de la portocaliu spre albastru-verde) s-a căutat formarea unui semnal de crominanță corespunzător acestei axe. Numită axă de bandă largă sau axă I, semnalul de crominanță construit corespunzător ei va fi

$$E_I = 0{,}74\ E_{R-Y} - 0{,}27\ E_{A-Y}.$$

În același timp a fost evidențiată și o regiune învecinată unei axe orientate de la galben-verde la purpuriu în care posibilitățile ochiului de a discerne culorile sînt mai mici de cîteva ori. Denumită axă de bandă îngustă sau axă Q, semnalul de crominanță corespunzător va fi $E_Q = 0{,}48\ E_{R-Y} + 0{,}41\ E_{A-Y}$.

Presupunînd că avem un element de imagine format din benzi de aceeași lățime colorate diferit, de exemplu în succesiunea din fig. 82, să urmărim modul de formare și forma semnalelor de luminanță și de crominanță corespunzătoare.

Referindu-ne doar la banda galbenă, se observă că $E_A = 0$ iar $E_R = E_V = 1$, întrucît galbenul rezultă din amestecul culorilor roșu și verde.

Amplitudinea semnalului de luminanță va fi

$$E_Y = 0{,}30\ E_R + 0{,}59\ E_V + 0{,}11\ E_A,$$

adică

$$E_Y = 0{,}30.1 + 0{,}59\ .\ 1 + 0{,}11.\ 0 = 0{,}89.$$

Cum

$$E_{R-Y} = E_R - E_Y = E_R - (0{,}30\ E_R + 0{,}59\ E_V + 0{,}11\ E_A) = E_R - 0{,}30\ E_R - 0{,}59\ E_V - 0{,}11\ E_A = 0{,}70\ E_R - 0{,}59\ E_V - 0{,}11\ E_A$$

și

$$E_{A-Y} = E_A - E_Y = E_A - (0{,}30\ E_R + 0{,}59\ E_V + 0{,}11\ E_A) = E_A - 0{,}30\ E_R - 0{,}59\ E_V - 0{,}11\ E_A = -0{,}30\ E_R - 0{,}59\ E_V + 0{,}89\ E_A$$ iar

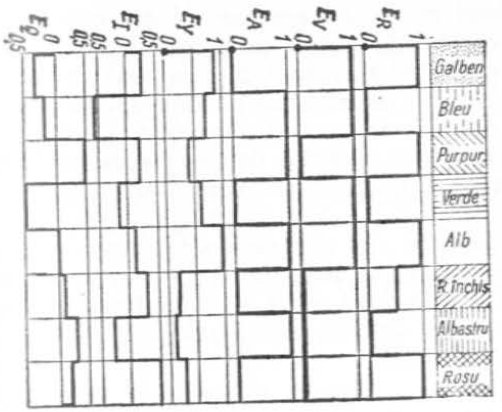


Fig. 85

$$E_I = 0{,}74\ E_{R-Y} - 0{,}27\ E_{A-Y} = 0{,}74\ (0{,}70\ E_R - 0{,}59\ E_V - 0{,}11\ E_A) - 0{,}27\ (-0{,}30\ E_R - 0{,}59\ E_V + 0{,}89\ E_A) = 0{,}60\ E_R - 0{,}28\ E_V - 0{,}32\ E_A$$

și

$$E_Q = 0{,}48\ E_{R-Y} + 0{,}41\ E_{A-Y} = 0{,}48\ (0{,}70\ E_R - 0{,}59\ E_V - 0{,}11\ E_A) + 0{,}41\ (-0{,}30\ E_R - 0{,}59\ E_V + 0{,}89\ E_A) = 0{,}21\ E_R - 0{,}52\ E_V + 0{,}31\ E_A$$

rezultă pentru galben

$$E_I = 0{,}60\ .\ 1 - 0{,}28\ .\ 1 - 0{,}32\ .\ 0 = 0{,}32$$ și

$$E_Q = 0{,}21 \times 1 - 0{,}52\ .\ 1 + 0{,}31\ .\ 0 = 0{,}31.$$

Calculul este asemănător pentru oricare dintre culori. Rezultă ușor diagrama semnalelor din fig. 85.

Transmiterea semnalelor

Odată formate cele trei semnale E_Y, E_I și E_Q se pune problema transmiterii lor spre receptoare în condiții cît mai avantajoase. Evident, soluția cea mai simplă ar consta în transmiterea lor pe trei canale independente, cîte unul pentru fiecare. Dar tot atît de evident este faptul că soluția nu poate fi acceptată din cauza

măririi lărgimii de bandă necesare și a complexității aparatului. Problema este oarecum simplificată de cerința compatibilității directe care impune ca semnalul de luminanță să fie transmis în același mod cu semnalul video din televiziunea în alb-negru, adică modulînd în amplitudine semnalul de radiofrecvență emis separat. Rămîn a fi transmise cele două semnale de crominanță E_Q și E_I. A fost redescoperit un tip de modulație, cunoscut sub numele de modulație în cuadratură. În principiu se utilizează un generator capabil să furnizeze la cele două ieșiri ale sale două oscilații defazate între ele cu 90°, adică una sinusoidală iar cealaltă cosinusoidală.

Ambele vor avea aceeași frecvență f_s, denumită *frecvență a subpurtătoarei de crominanță*, aleasă mai mică decît frecvența maximă a semnalului de luminanță. Cu alte cuvinte spectrul subpurtătoarei de crominanță este situat în interiorul spectrului purtătoarei de luminanță (fig. 86). Prin modularea amplitudinii celor două semnale obținute cu semnalele de crominanță E_Q și E_I rezultă semnalele e_1 și e_2 de forma $e_1 = E_I \sin \omega t$ și $e_2 = E_Q \cos \omega t$ unde $\omega = 2\pi f_s$.

Prin adunare se obține o subpurtătoare rezultantă e_r. Amplitudinea și faza sa depind de semnalele modulatoare E_I și E_Q.

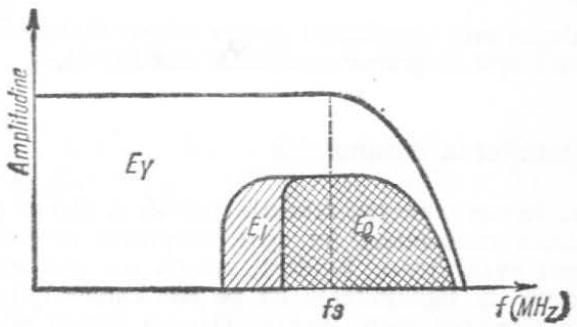


Fig. 86

Astfel:

$$e_r = e_1 + e_2 = \sqrt{E_I^2 + E_Q^2} \sin (\omega t + \varphi) \text{ unde}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{E_I}{E_Q}.$$

Dar, să nu uităm că, în general, cele două atribute ale culorii (saturație și nuanță spectrală) sînt determinate de mărimea semnalelor de diferență de culoare (în cazul sistemului **NTSC** de E_I și E_Q). Înseamnă că orice culoare este perfect determinată în sistemul de axe $E_{R-Y} - E_{A-Y}$ (respectiv E_I și E_Q). În fig. 87 este reprezentată poziția celor mai importante culori. Axa I și axa Q sînt reprezentate ca două drepte perpendiculare înclinate cu 33° față de semnalele de diferență de culoare E_{R-Y} și E_{A-Y} luate ca axe de coordonate. Se observă că nuanța spectrală a culorii este determi-

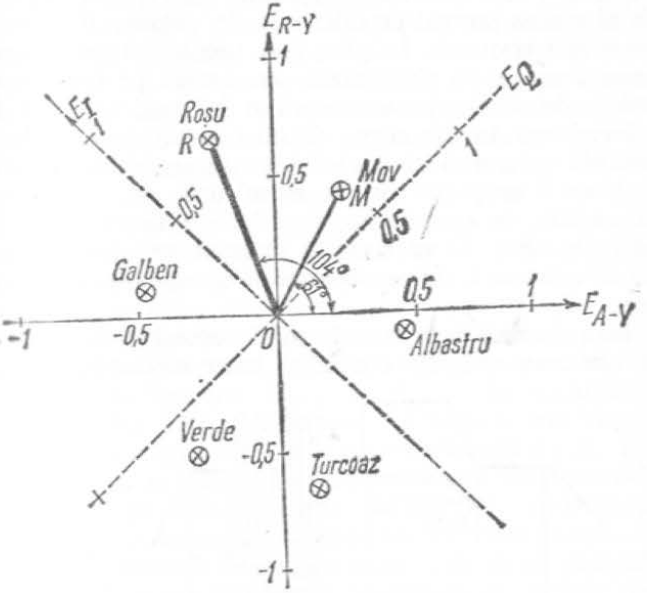


Fig. 87

nată de poziția față de axe, adică de unghiul format cu axa orizontală. Astfel culorii mov îi corespunde un unghi de 61° față de E_{A-Y} iar roșului un unghi de 104°. Orice culoare de aceeași nuanță dar avînd saturație mai mare sau mai mică (culoare mai vie sau mai pală) este situată pe dreapta care unește originea cu punctul corespunzător saturației maxime. În cazul culorii mov, de pildă, pe măsură ce ne apropiem de punctul M pe dreapta OM se obțin puncte corespunzătoare culorii mov, din ce în ce mai saturate.

Generalizînd, putem spune că amplitudinea oscilației rezultate determină saturația culorii iar φ (faza) nuanța spectrală a culorii transmise. Am obținut astfel un semnal care este purtătorul informațiilor complete despre culoare. Asociat cu semnalul de luminanță acesta va determina complet un anumit element de imagine colorat. Să adăugăm și faptul că, în receptor, va trebui să se efectueze operația de refacere a celui de al treilea semnal de diferență de culoare E_{V-Y} care nu a fost transmis. În plus, este necesară transmiterea unor semnale de sincronizare cromatică pe lîngă semnalele de sincronizare transmise în mod obișnuit în televiziunea în alb-negru. Pentru a satisface aceleași condiții (să nu devină vizibil pe ecranele televizoarelor), va fi amplasat tot pe impulsurile de stingere pe orizontală, în spatele impulsurilor de sincronizare pe linii (fig. 88). El va servi la sincronizarea generatorului de refacere a subpurtătoarei de crominanță în receptor.

Iată deci că prin transformări succesive se reușește emisia unor semnale conținînd toate elementele indis-

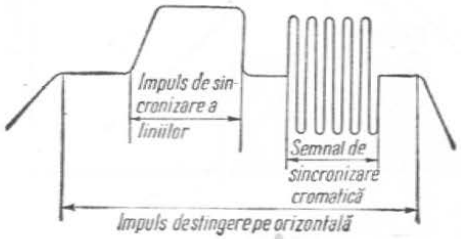


Fig. 88

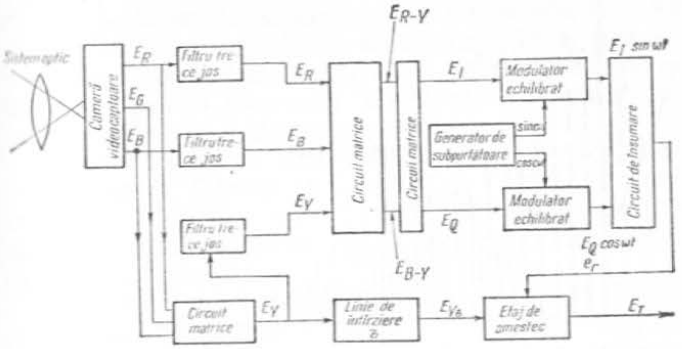


Fig. 89

pensabile reproducerii unui element de imagine colorat. Desigur, problemele ridicate în fața creatorilor sistemului au fost mult mai complexe. Nu vom evidenția soluțiile adoptate, rezervînd spațiul ce urmează pentru analiza mai detaliată a unui receptor de televiziune în culori, dar nu înainte de a prezenta o schemă bloc a părții de emisie (fig. 89) care va sintetiza procesul de obținere a semnalelor de televiziune în culori.

Camera videocaptoare furnizează semnalele de culoare E_R, E_V, E_A. Introduse în circuitul matrice, prin adunări și scăderi, acesta formează și dă la ieșire semnalul de luminanță E_Y, conținînd în proporțiile arătate toate cele trei semnale inițiale. După limitarea în bandă de către filtre trece jos, semnalele E_Y, E_R și E_A sînt introduse într-un alt circuit matrice, unde sînt din nou prelucrate. Rezultă la ieșire semnalele de diferență de culoare E_{R-Y} și E_{A-Y}. În cazul sistemului **NTSC**, prin ponderarea lor într-un nou circuit matrice, se obțin semnalele de crominanță E_I și E_Q. Separat, un generator de subpurtătoare produce cele două oscilații defazate între ele cu 90°, sinusoidală, respectiv cosinusoidală. Semnalele de crominanță E_I și E_Q modulează în amplitudine cele două semnale produse. Într-un circuit de însumare se adună cele două semnale rezultînd e_r modulat în amplitudine

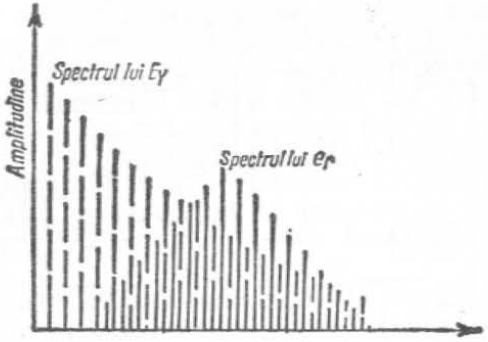


Fig. 90

și fază, purtător al informațiilor complete de culoare (saturație, respectiv nuanță spectrală).

Semnalul de luminanță E_Y nu poate fi aplicat direct etajului de amestec ci numai după o întîrziere prealabilă într-un circuit special numit linie de întîrziere. Aici este reținut exact pe durata prelucrării și formării semnalului de crominanță astfel că etajului de amestec îi sînt aplicate simultan cele două semnale E_Y și e_r. Aici spectrele ambelor semnale sînt suprapuse (spectrul celui de crominanță ocupă intervalele libere ale spectrului semnalului de luminanță și invers (fig. 90), obținîndu-se semnalul complet de televiziune în culori E_T.

Prelucrat în continuare în diferitele etaje ale emițătorului, este dirijat spre antena de emisie și radiat în spațiu.

PAL

Vom urmări în continuare sistemul **PAL** nu numai pentru că adoptarea lui ca sistem național în R.F. Germania și darea lui în exploatare au avut loc cu puțin timp înaintea sistemului francez ci și deoarece prezintă multe analogii cu **NTSC**. Uneori, și poate pe nedrept, este considerat ca o variantă îmbunătățită a sistemului american. Într-adevăr, defectul esențial al **NTSC**-ului, acel „niciodată de două ori aceeași culoare" reproșat

de telespectator (specialiștii pot aduce și alte critici sistemului american, între care dificultățile înregistrării imaginii pe bandă magnetică, faptul că nu poate fi utilizat pentru transmisii la distanțe mari etc.) este remediat în cadrul sistemului vest-german.

A fost elaborat de către un colectiv de cercetători ai companiei Telefunken condus de Walter Bruch[1] în perioada 1962–1966. Primele informații despre acest sistem apar însă în 1963, consemnată de istorici ca dată a apariției.

Denumirea provine de la inițialele cuvintelor **P**hase **A**lternation **L**ine (linie cu alternare de fază) care, de fapt, sintetizează avantajul sistemului. Prima emisiune de televiziune în culori în R.F. Germania a avut loc la 25 august 1967. Ulterior a fost adoptat și de alte țări europene sau africane.

Succint, vom prezenta elementele esențiale ale sistemului, evidențiind atît asemănările cît și deosebirile cu sistemul american **NTSC**.

1. Culorile primare R, V, A au aceleași lungimi de undă ca și în sistemul **NTSC** — adică:

$$\lambda_R = 610 \text{ nm}$$
$$\lambda_V = 535 \text{ nm}$$
$$\lambda_A = 470 \text{ nm}.$$

2. Semnalele video de culoare E_R, E_V, E_A sînt obținute ca și în sistemul **NTSC**;

3. Structura semnalului de luminanță adoptată este cea optimă, adică

$E_Y = 0{,}30E_R + 0{,}59E_V + 0{,}11E_A$ și este transmis tot cu modulație de amplitudine a purtătoarei;

4. Semnalele de crominanță sînt construite astfel încît nu mai corespund axelor I și Q ci sînt semnale de

[1] BRUCH, Walter (n. 1908), om de știință german, inventator al sistemului vest-german de televiziune în culori **PAL** (1962).

diferență de culoare ponderate. Notate E_U și E_V ele au forma:

$$E_U = 0{,}49\ E_{A-Y}$$
$$E_V = 0{,}87\ E_{R-Y}.$$

Sînt transmise la fel ca în sistemul **NTSC**, modulînd simultan în amplitudine subpurtătoarea de crominanță.

Deosebirea fundamentală față de sistemul **NTSC**, cea care elimină erorile de fază concretizate în erori de nuanță a culorii, constă într-o codare prealabilă a semnalelor de crominanță.

Pentru a înțelege mai bine diferența vom considera un exemplu de transmitere a unei anumite culori. Presupunem că se transmite culoarea roșie saturată sută la sută. În sistemul **NTSC** poziția sa corespunde unui punct aflat pe o dreaptă *OR* (fig. 87) de mărime 0,63 și înclinată cu 104° față de orizontală, ceea ce, față de axa E_Q, ar însemna un unghi de 104°—33° = = 71°.

În sistemul **PAL** același roșu, sută la sută saturat, corespunde unui punct avînd aceiași parametri. Presupunem în continuare că datorită unor condiții de propagare nefavorabile semnalul de crominanță ajunge în receptor mai tîrziu cu cîteva sutimi de microsecundă. Întîrzierii îi corespunde un unghi de fază de 43°. Ca urmare, deși lungimea dreptei *OR* este tot de 0,63, înclinarea față de axa orizontală va fi φ = 104°—45° = = 61°. Pe această direcție se vor găsi însă punctele corespunzătoare culorii mov în ambele sisteme. Iată deci explicată anomalia recepționării unei culori diferite de cea transmisă inițial, a recepționării în două nuanțe diferite, a aceluiași punct colorat.

Dacă în sistemul **NTSC** nu se pot compensa aceste erori de nuanță (în ultimul timp așa cum am mai menționat, receptoarele **NTSC** sînt prevăzute cu un sistem de control automat al nuanței culorilor) în sistemul **PAL** au fost luate măsuri de remediere a defecțiunii încă din procesul de emisie, măsuri sesizate însă doar de receptor. La emisie nu se face decît o codare simplă

a semnalelor de crominanță cu frecvența liniilor. Astfel, din cele 625 de linii în care se descompune imaginea, pe perioada liniilor pare (2, 4, 6,...) semnalele de crominanță transmise sînt cele obișnuite E_U și E_V. Pe perioada liniilor impare, semnalele de crominanță transmise sînt E_U și $-E_V$. Operația este extrem de simplă necesitînd doar schimbarea polarității semnalului E_V pe perioada liniilor impare. Procesul corespunzător, care are loc în receptor, va fi analizat tot aici pentru a înțelege mai bine eficiența sistemului.

Știm că durata de explorare a unei linii în televiziunea în alb-negru este de 64 μs. Cum pentru fiecare linie semnalul de crominanță este diferit, ideea generală este de a reține pe timpul unei linii (64 μs) semnalul de crominanță corespunzător liniei precedente pentru a-l putea compara cu semnalul de crominanță transmis în acel moment. Se face o comparare a lor iar la ieșirea etajelor respective se va culege:

— semnalul E_U și semnalul E_V, dacă nu au existat întîrzieri, adică erorile de fază sînt nule, $\varphi = 0$;

— semnalul $E_U \cdot \cos\varphi$ și $E_V \cdot \cos\varphi$, dacă au existat asemenea întîrzieri, adică erorile de fază nu sînt nule.

În acest mod, în receptor vom regăsi în permanență două semnale de crominanță. Se observă însă că apare și aici un inconvenient. În cazul cînd erorile de fază nu sînt nule amplitudinea semnalelor de crominanță este mai mică (cos φ este mai mic sau cel mult egal cu 1). Rezultă că punctele corespunzătoare unei anumite culori se vor găsi pe aceeași dreaptă dar mai aproape de origine, adică mai puțin saturate (culori mai puțin vii). Defectul este însă aproape insesizabil întrucît la erorile de fază care apar în mod frecvent (în general mai mici de 18°) cos 18° este apropiat de 1, adică amplitudinea semnalului de crominanță este aproximativ cea exactă.

Ca urmare a modului diferit de transmitere a semnalelor de crominanță rezultă încă o particularitate a sistemului **PAL**. Știm că pentru o recepție de calitate trebuie asigurat sincronismul între emisie și recepție. În sistemul **NTSC** se transmit semnale de sincronizare

cromatică necesare ca și în sistemul **PAL.** Amplasarea lor se face în același mod. Este necesară însă și transmiterea unor semnale cu ajutorul cărora să poată fi identificate liniile pare și impare, respectiv liniile pe timpul cărora se transmit E_U și E_V și E_U și $-E_V$. Modul de rezolvare a problemei este foarte ingenios. Se transmit doar semnalele de sincronizare cromatică (salve de crominanță) dar într-un mod diferit de cel adoptat în sistemul **NTSC.** Fără a intra în detalii, este suficient să spunem că sînt transmise în fază cu semnalele de crominanță corespunzătoare fiecărei linii, adică se asigură un defazaj de 135° pentru liniile pare și un defazaj de 135° + 90° = 225° pentru liniile impare.

SECAM

Strict istoric, sistemul francez de televiziune în culori, **SECAM**, a fost elaborat cu aproape 7 ani înaintea omologului său vest-german. Primele informații despre sistemul numit la început „Henri de France"[1], după numele creatorului său, au fost publicate încă din 1954, dar patentul asupra invenției a fost obținut abia în 1956, la 25 mai. Denumirea actuală intervine din 1960 și semnifică modul de transmitere a semnalelor de crominanță, secvențial, cu memorie **Se**quential **à mé**moire = **SECAM.** Este situat în urma celorlalte două întrucît a fost adoptat ca sistem național de televiziune și dat în exploatare la mai bine de o lună după cel vest-german adică la 1 octombrie 1967. În același timp, sistemul **PAL** a fost studiat imediat după **NTSC** atît pentru că prezintă multe elemente comune cît și pentru a scoate în evidență modul de remediere a defectului sistemului **NTSC.**

Semnalul de luminanță din sistemul **SECAM** are aceeași structură ca și în celelalte sisteme adică

$$E_Y = 0{,}30\ E_R + 0{,}59\ E_V + 0{,}11\ E_A.$$

[1] DE FRANCE, Henri (n. 1907), om de știință francez, inventator al sistemului de televiziune în culori **SECAM.**

Transmiterea lui se face modulînd în amplitudine o purtătoare de radiofrecvență.

Semnalele de crominanță sînt semnale de diferență de culoare avînd expresiile:

$$D_R = -1{,}9\ E_{R-Y}$$

$$D_A = 1{,}5\ E_{A-Y}$$

Transmiterea lor se face secvențial, cu frecvența liniilor modulînd în frecvență subpurtătoarea (deosebire marcantă față de celelalte două sisteme în care semnalele de crominanță modulează în amplitudine subpurtătoarea). Dar să vedem în ce constă transmiterea secvențială a semnalelor de crominanță, ce înseamnă memoria? Răspunsurile acestor întrebări vor evidenția și deosebirea fundamentală a sistemului **SECAM** față de **NTSC** și de **PAL.** Să remarcăm de la început faptul că imaginea este descompusă în 625 de linii, ca și în **NTSC** și în **PAL,** deși stațiile franceze de televiziune în alb-negru ale canalului 1 emit programe în care imaginea este descompusă în 819 linii (imagini de înaltă finețe). Există însă și un al doilea canal de televiziune, dat în exploatare după 1 octombrie 1967, pe care sînt emise programe alb-negru cu imaginea descompusă în 625 de linii, pentru asigurarea compatibilității.

În elaborarea sistemului **SECAM** s-a pornit de la ideea că numărul de linii în care se descompune imaginea colorată este totuși foarte mare față de capacitatea scăzută a ochiului de a distinge detaliile colorate. Cum un element de imagine colorată este perfect determinat cînd se transmit cele trei elemente (semnalul de luminanță E_Y și semnalele de crominanță E_I și E_Q în **NTSC,** E_U și E_V în **PAL**), este aproape inutilă transmiterea simultană a lor pentru fiecare linie. Este suficientă transmiterea, pentru fiecare linie, a semnalului de luminanță (obligatoriu pentru fiecare linie pentru asigurarea compatibilității) și doar a unui singur semnal de crominanță. Evident, nu va putea fi transmis același semnal de crominanță pentru fiecare linie, ci

alternativ cîte unul. În timpul liniei 1 a primului cadru se transmite ca semnal de crominanță D_R. Pentru linia următoare se transmite D_A schimbîndu-se din nou în D_R pentru cea de a treia linie ș. a. m. d. La terminarea explorării cadrului procesul se reia pentru cadrul următor, dar pentru linia 1 se va transmite D_A, apoi D_R etc. Cadrele succedîndu-se foarte rapid pentru a da impresia de mișcare, rezultă o întrețesere a semnalelor de crominanță pe linii și cadre.

Această distribuire alternativă a semnalelor de crominanță, riguros exactă, pentru fiecare linie cîte unul, se realizează ușor cu un comutator electronic comandat de un circuit basculant bistabil lucrînd pe frecvența liniilor (15 625 Hz).

Comutatorul primind la cele două intrări ambele semnale de crominanță, va livra la ieșire, pe rînd, doar cîte unul (fig. 91). În acest fel sistemul își justifică denumirea de secvențial rămînînd doar să arătăm ce înseamnă memoria.

Receptorul nu poate reconstitui un element de imagine colorat decît dacă are în orice moment la dispoziție atît se mnalul de luminanță E_Y cît și ambele semnale de crominanță. Or, cum pentru fiecare linie se transmite doar un semnal de crominanță rezultă necesitatea introducerii unui circuit cu rol de memorare a celuilalt semnal de crominanță transmis în timpul liniei precedente. Memorarea se face prin întîrzierea semnalului de crominanță cu 64 μs (durata unei linii de explorare), obligîndu-l să parcurgă un drum suplimentar (o bară de silice topită sau de sticlă sau, mai

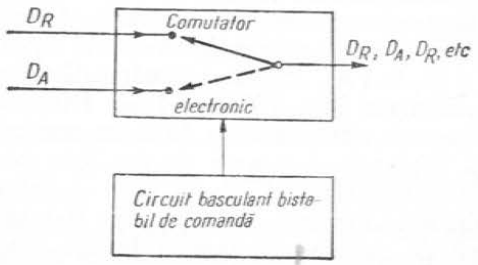


Fig. 91

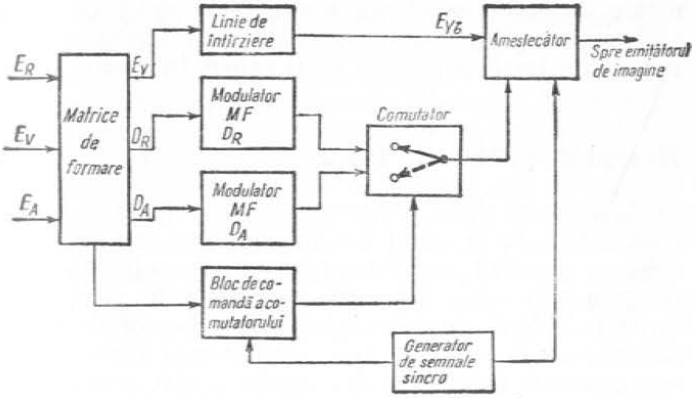


Fig. 92

nou, pentru receptoarele **SECAM,** pur și simplu de oțel avînd la capete cîte un cristal piezoelectric).

În acest fel, pentru o linie oarecare n avem la dispoziție E_Y, D_R și semnalul de crominanță D_A transmis pe timpul liniei precedente, $n - 1$, semnal notat D_τ. Pentru linia următoare, $n + 1$ avem la dispoziție E_Y, celălalt semnal de crominanță D_A și semnalul de crominanță transmis, pe timpul liniei n, D_R memorat de receptor timp de 64 μs, notat $D_{R\tau}$.

Sintetizînd, sistemul este secvențial la emisie și recepție dar cu memorie numai la recepție. Schema bloc simplificată a părții de emisie reprezentată în fig. 92 indică formarea semnalelor E_Y, D_R și D_A din semnalele E_R, E_V, E_A obținute la ieșirea camerei videocaptoare și aplicate intrării matricei de formare. Semnalele D_R și D_A sînt modulate separat în frecvență în cîte un modulator și apoi sînt aplicate intrării comutatorului. La ieșire va rezulta un semnal conținînd pe rînd D_R, D_A, D_R etc care va fi aplicat intrării unui mixer. Pe de altă parte semnalul de luminanță E_Y este ușor întîrziat pentru a se asigura în etajul de amestec coincidența corectă în timp cu semnalele de crominanță. Tot în amestecător sînt introduse semnalele de sincro-

nizare, la ieșire rezultînd semnalul complet de televiziune în culori care va modula purtătoarea emițătorului de imagine și care va fi radiat în spațiu.

Receptor pentru N T S C

Se înțelege că fiind obligatorie compatibilitatea între televiziunea în culori și cea în alb-negru, un receptor color va trebui să posede toate blocurile cuprinse într-un receptor alb-negru. Blocurile care apar în plus, prin funcțiile îndeplinite diferențiază un receptor de altul, diferențiere impusă, de fapt, de sistemul pentru care este construit receptorul. Din aceste motive vom studia separat fiecare tip de receptor păstrînd ordinea în care au fost expuse sistemele.

Schema bloc a unui receptor de televiziune în culori (fig. 93) este valabilă însă pentru toate receptoarele, indiferent de sistem. Se modifică de la un tip de receptor la altul doar structura și funcționarea noului și complexului bloc apărut, calea completă a semnalelor de crominanță. A fost trasat punctat conturul blocurilor specifice unui receptor de televiziune în

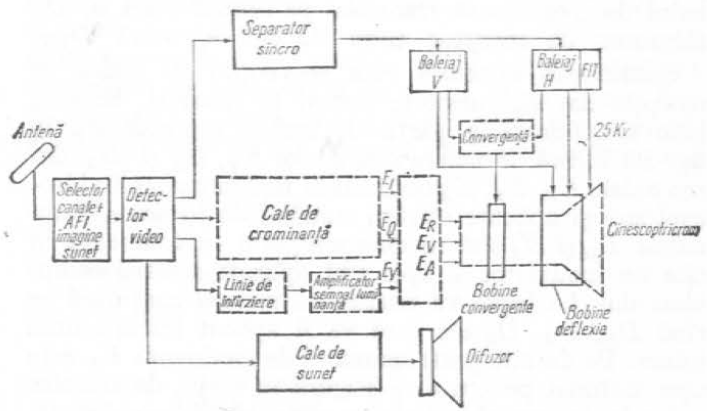


Fig. 93

culori pentru a le evidenția față de cele comune cu ale receptoarelor în alb-negru. Deși cinescopul tricrom nu este o piesă cu totul nouă a fost trasat tot punctat întrucît, date fiind funcțiile sale, principiile constructive sînt diferite de cele ale unui cinescop alb-negru. Cinescopul tricrom rămîne, de fapt, piesa care, deși specifică televiziunii în culori, nu este supusă discriminării generate de existența celor trei sisteme. Pentru oricare sistem ar fi conceput un receptor color, cinescopul tricrom este același, rămînînd și aici o piesă de bază. Îi vom afecta un spațiu aparte, detaliind atît metodele constructive cît și principiul de funcționare. Toate etajele care preced detectorul de videofrecvență funcționează ca și într-un receptor de televiziune alb-negru. De la ieșirea detectorului, o parte a semnalului este condusă, ca și în receptorul alb-negru, spre etajul separator al impulsurilor de sincronizare. După separare vor ataca în același mod blocurile de baleiaj pe verticală și pe orizontală. De la ieșirea acestora se preiau semnale care vor ataca un bloc specific receptorului *TVC*, blocul de convergență. Alimentarea bobinelor de deflexie a spotului pe verticală și orizontală, foarte înalta tensiune (aici de valoare mai mare, 25 kV față de 18—20 kV în televizoarele în alb-negru), este produsă aproape în același mod ca și într-un receptor de televiziune în alb-negru. De asemenea modul de obținere a sunetului este același (evident, făcînd abstracție de micile modificări ale schemelor de la un tip de receptor la altul, chiar în cadrul aceluiași sistem, modificări menite să îmbunătățească performanțele, calitatea sunetului). Celelalte două căi, care pornesc de la ieșirea detectorului de videofrecvență atacă, una calea de crominanță, iar cea de a doua, printr-o linie de întîrziere, un amplificator al semnalului de luminanță. Semnalul de luminanță E_Y este reținut un timp oarecare în linia de întîrziere întrucît el parcurge mult mai puține etaje decît semnalele de crominanță. În acest mod este asigurată sosirea concomitentă a semnalelor de crominanță și a celui de luminanță la intrarea matricei de decodare. Amplificatorul semnalului de luminanță este

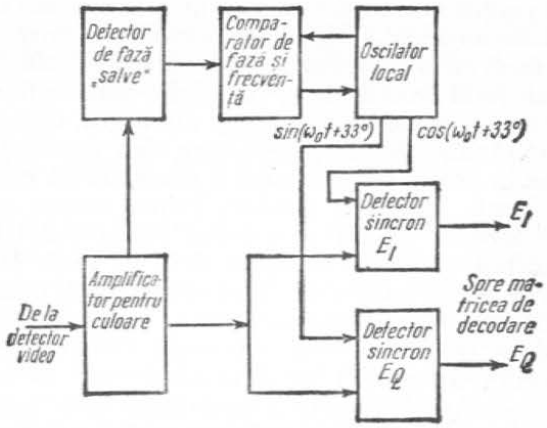


Fig. 94

n amplificator de videofrecvență obișnuit, întîlnit n receptoarele alb-negru.

În sfîrșit să analizăm ce se întîmplă cu semnalele de crominanță în etajele pe care acestea le parcurg pînă la matricea de decodare.

Calea de crominanță este diferită de la un sistem la altul, ei datorîndu-i-se deosebirile esențiale ale receptoarelor. Pentru sistemul **NTSC,** calea de crominanță are schema bloc din fig. 94. De la ieșirea detectorului de videofrecvență se culege semnal video complex, aplicat unui amplificator pentru culoare. Principalele funcții ale acestuia sînt:

— selectarea componentelor semnalului de crominanță din spectrul semnalului de luminanță cu ajutorul unui filtru de bandă care nu lasă să treacă decît componentele aflate în zona subpurtătoarei de crominanță (vezi fig. 87). Deși nu sînt separate complet, separarea se consideră satisfăcătoare, componentele semnalului de luminanță aflate în această zonă fiind mici, în comparație cu cele ale semnalului de crominanță;

— amplificarea semnalului selectat pînă la nivelul cerut de etajul următor, detectorul sincron.

O particularitate a amplificatorului pentru culoare constă în aceea că se produce o blocare a sa pe anumite perioade ale recepției. Am văzut că în spațiu sînt emise și semnale de sincronizare cromatică. Dacă ar pătrunde mai departe pe calea de semnal ar duce la perturbații grave, la distorsionarea culorilor imaginii pe ecranul cinescopului tricrom. De asemenea, în timpul recepționării unui program de televiziune în alb-negru, o parte a semnalului video ar pătrunde în calea de crominanță și ar da la ieșire un semnal fals. Aplicat corespunzător cinescopului tricrom ar duce la apariția unor pete colorate pe ecran. Din aceste motive se prevede un dispozitiv special care creează o tensiune de blocare a unei părți a amplificatorului pentru culoare în timpul recepționării unui program alb-negru sau în cazul recepționării unui program color pe timpul cît durează semnalele de sincronizare cromatică.

La ieșirea amplificatorului se prevede un potențiometru a cărui acționare duce la mărirea sau micșorarea amplitudinii semnalului de crominanță determinînd gradul de saturație al culorilor reproduse.

Semnalul cules se aplică pe grilele de comandă ale celor două detectoare sincrone. Denumirea este, poate, puțin pretențioasă întrucît, simplificat, funcțiile acestora sînt cele ale unui schimbător de frecvență obișnuit întîlnit în orice radioreceptor. În fond, etajul posedă, în principal, două pentode, cîte una pentru fiecare cale (fig. 95). De la oscilatorul local care generează oscilații cu frecvența subpurtătoarei se culeg două semnale defazate cu 90° (unul sinusoidal iar celălalt cosinusoidal). Aplicate pe grilele supresoare ale celor două pentode vor determina apariția unor curenți anodici care depind și de semnalul e_r aplicat grilelor.

Aplicînd semnale pe două dintre grilele unui tub, schimbarea de frecvență va fi multiplicativă, adică în anod va lua naștere un curent de forma $i_A = k \cdot e_1 \cdot e_2$ unde k este un factor de proporționalitate, e_1 semnalul aplicat pe una dintre grile iar e_2 semnalul aplicat pe cea de a doua. În cazul detectorului sincron, pe grila de comandă a tubului T_1 se aplică semnalul rezultat

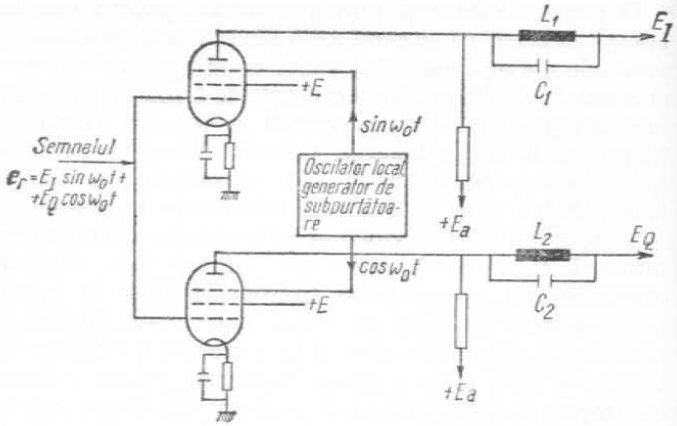


Fig. 95

din însumarea (la emisie) celor două semnale de crominanță E_I și E_Q care au modulat în amplitudine cele două oscialații defazate cu 90°, generate de generatorul de subpurtătoare

$$e_r = E_I \sin\omega_0 t + E_Q \cos\omega_0 t.$$

Pe grila supresoare se aplică $e_1 = E_S \sin\omega_0 t$ generat de oscilatorul local. Va rezulta un curent anodic

$$i_{a1} = k \cdot e_r = k(E_I \cdot \sin\omega_0 t + E_Q \cos\omega_0 t) \cdot E_S \sin\omega_0 t + k \cdot E_I \cdot E_S \sin^2\omega_0 t + k \cdot E_S \cdot E_Q \sin\omega_0 t \cdot \cos\omega_0 t =$$

$$= k\, E_S\, E_I \left(\frac{1 - \cos 2\,\omega_0 t}{2}\right) + k\, E_S\, E_Q \frac{\sin 2\,\omega_0 t}{2} =$$

$$= \frac{k\, E_S \cdot E_I - k\, E_I \cdot E_S \cos 2\,\omega_0 t}{2} + \frac{k\, E_S\, E_Q \sin 2\,\omega_0 t}{2}.$$

Deci curentul anodic al primului tub conține componentele video proporționale cu semnalul E_I.

În același mod, ținînd seama că semnalul aplicat pe grila supresoare a tubului T_2 este $e_2 = E_S \cos\omega_0 t$, se poate demonstra că prin cel de al doilea tub circulă un curent anodic care conține componentele video proporționale cu semnalul E_Q.

Se observă că în afara celor două componente mai există în curentul anodic și componente cu frecvența de două ori mai mare. Acestea pot fi eliminate ușor cu ajutorul unor filtre.

Cele trei etaje, detectorul de fază „salve", comparatorul de fază și frecvență și oscilatorul local formează blocul de sincronizare cromatică. Funcția sa principală este aceea de a forma o tensiune avînd frecvența subpurtătoare sincronizată în frecvență și în fază cu cea de la emisie. Pentru aceasta, semnalul de sincronizare cromatică (cele 8—10 perioade ale frecvenței subpurtătoare de crominanță suprapuse la emisie peste impulsul de stingere pe orizontală) este aplicat detectorului de fază de la ieșirea căruia semnalul este preluat și aplicat unui comparator de fază și frecvență. Aici faza și frecvența semnalului de sincronizare este comparată cu faza și frecvența semnalului generat de oscilator. Dacă există concordanță între faza și frecvența semnalelor comparate, tensiunea la ieșirea comparatorului este nulă. În cazul neconcordanței rezultă la ieșire o tensiune care va acționa asupra oscilatorului modificîndu-i faza și frecvența pînă la o valoare dinainte stabilită.

Astfel putem obține la ieșirea detectoarelor sincrone semnalele de crominanță E_I și E_Q indispensabile formării semnalelor de culoare E_R, E_V, E_A care vor acționa asupra cinescopului. Cu ajutorul unui circuit matrice se obțin mai întîi, din E_I și E_Q, cele două semnale de diferență de culoare E_{R-Y} și E_{A-Y} care intră în

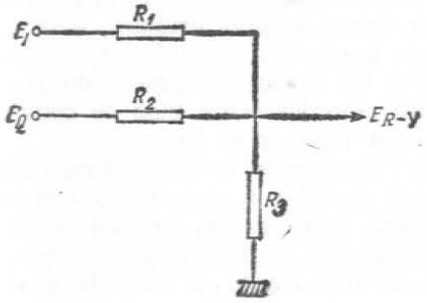


Fig. 96

componența lui E_I și E_Q. De exemplu, cu circuitul din fig. 96 se obține la ieșire E_{R-Y}, cînd la intrare se aplică E_I și E_Q. Obținerea lui E_{V-Y} se poate face în același mod, printr-un circuit matrice. Pentru obținerea semnalelor de culoare E_R, E_V, E_A există mai multe variante. Una dintre ele se bazează pe însumarea semnalelor de diferență de culoare cu semnalul de luminanță E_Y, așa cum vom vedea mai departe.

Tubul cinescop pentru receptoare color

Și în receptorul de televiziune în culori, tubul cinescop este piesa de bază, cea mai voluminoasă și cea mai scumpă. Dintre multele variante ale tubului cinescop vom studia doar două. Una reprezintă așa-numitul cinescop tricrom cu mască perforată și echipează majoritatea receptoarelor color, construite pînă în prezent. Tehnologia sa a fost pusă la punct încă din 1949 de către specialiști ai companiei **RCA**. A doua variantă reprezintă un tub cinescop tricrom fără mască. A primit denumirea de cromatrom sau trinitron (în Japonia, unde se fabrică în serie pentru echiparea receptoarelor color portabile).

CINESCOPUL TRICROM CU MASCĂ PERFORATĂ

În principiu acesta păstrează forma cinescopului alb-negru (fig. 97) avînd în interior trei tunuri electronice, cîte unul pentru fiecare culoare primară, masca perforată și stratul de luminofor. În exterior, se plasează, pe lîngă sistemul de deflexie obișnuit, un sistem de reglaj al purității culorilor și un bloc de convergență al cărui rol îl vom vedea mai departe.

Cele trei tunuri electronice, compuse fiecare dintr-un filament alimentat la 6,3 V c. a., catod și trei grile de comandă, nu diferă, în principiu, de un tun electronic obișnuit care echipează un cinescop alb-negru. Ceea ce rămîne de mare importanță la tunurile electronice

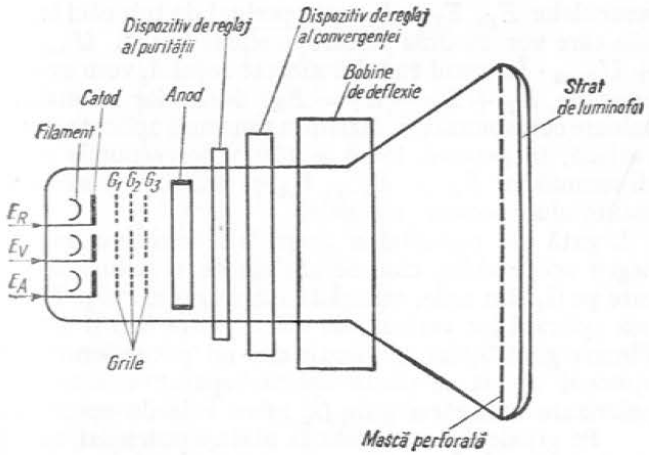


Fig. 97

ale unui cinescop tricrom este polarizarea electrozilor componenți. Singurul electrod care nu pune probleme la polarizare este anodul de accelerare A, comun celor trei tunuri și alimentat la o tensiune de circa 25 kV.

O polarizare adecvată a electrozilor fiecărui tun este impusă de necesitatea reproducerii în cît mai bune condiții a unei imagini alb-negru. Dealtfel, specialiștii sînt unanimi în a recunoaște că una dintre dificultățile esențiale în televiziunea în culori este tocmai obținerea unei imagini alb-negru acceptabile. Cu alte cuvinte, dacă în absența semnalelor de culoare se aplică semnalul de luminanță E_Y, pe oricare dintre catozii celor trei tunuri, pe ecran trebuie să se obțină o imagine în alb-negru avînd absolut aceiași parametri (mai cu seamă strălucirea imaginii să fie aceeași). De obicei, catozii celor trei tunuri sînt alimentați cu semnalul de luminanță E_y preluat din anodul ultimului tub amplificator.

Grilele 1, de comandă, sînt atacate de către semnalele de diferență de culoare formate, adică E_{R-Y}, E_{V-Y} și E_{A-Y}. În acest fel și rolul matricei de formare a

semnalelor E_R, E_V și E_A este preluat de tub căci tensiunile care vor modula fiecare fascicul vor fi $U_{catod} + U_{grilă}$. În cazul tunului afectat roșului, vom avea, de exemplu, $E_Y + E_R - E_Y = E_R$, deci chiar semnalul de culoare corespunzător. Mărimea tensiunii aplicate grilelor variază, în general, între + 150 V (corespunde anulării semnalelor E_{R-Y}, E_{V-Y}, E_{A-Y}) și 250 V (corespunde maximului acestor semnale).

Legată de necesitatea asigurării unei imagini albnegru acceptabile, cînd semnalele de crominanță aplicate pe G_1 sînt nule, este polarizarea grilelor G_2. Tensiunea aplicată lor variază, de obicei, între 625 și 1025 V. Fiecare grilă G_2 are în circuit cîte un potențiometru cu ajutorul căruia se poate ajusta separat tensiunea de polarizare a fiecărei grile G_2 între valorile specificate.

Pe grilele G_3, conectate la același potențial, numite de focalizare, se aplică o tensiune înaltă, reglabilă. Aceasta asigură o bună focalizare (concentrare) a fasciculului de electroni.

În sfîrșit, ultimul electrod al tunului, anodul de accelerare A, este alimentat, așa cum am arătat, la o tensiune înaltă de circa 25 kV. Tunurile sînt dispuse în interiorul tubului la 120° unul față de celălalt în vîrfurile unui triunghi echilateral. Axele sînt astfel alese încît în absența baleiajului să cadă toate trei exact în centrul O al ecranului. Desigur va mai exista și depunerea metalică interioară pe toată suprafața internă avînd același rol ca și în cinescopul alb-negru, adică, reflectarea către exterior a întregii lumini a luminorofului, colector de electroni secundari și, în sfîrșit, barieră pentru ioni. Masca perforată numită uneori și mască de umbrire nu este altceva decît o tablă groasă de 0,1 mm avînd un număr de N orificii circulare. Numărul orificiilor variază cu mărimea ecranului cinescopului. Pentru un cinescop cu diagonală de 59 cm, numărul acestora este de aproximativ 400 000, pentru un diametru de 0,3 mm și distanță de 0,5 mm între axele orificiilor.

Stratul de luminofor este alcătuit dintr-un număr mare de mici porțiuni fluorescente așezate în grupe de

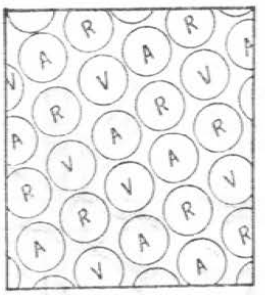


Fig. 98

cîte 3, numite *triade*. Fiecare dintre cele 3 porțiuni ale triadei este sensibilă doar la una dintre radiațiile culorilor primare R, V, A. O porțiune dintr-un ecran, mult mărită, arată ca în fig. 98.

În procesul tehnologic, la realizarea măștii și ecranului, se are în vedere ca orificiile măștii să fie astfel plasate față de grupele triunghiulare încît fiecare porțiune a triadei să nu fie „văzută" decît de fasciculul corespunzător ei, celelalte două fiind umbrite de mască. Altfel spus, particula roșie a unei triade să nu vadă decît fasciculul emis de tunul comandat de semnalul de crominanță E_{R-Y}. În procesul de explorare fasciculul roșu nu va excita decît zonele cu luminofor sensibil la roșu (R), cel albastru pe cele albastre (A), iar cel verde pe cele verzi (V). Se înțelege că dacă E_{R-Y} și E_{A-Y} sînt nule, numai luminoforii verzi vor fi excitați, ecranul colorîndu-se în verde.

Dacă apare și un semnal E_{R-Y} pe grila de comandă a tunului pentru roșu, vor fi excitați și luminoforii roșii. Știm însă că din amestecul roșu-verde rezultă culoarea galbenă, deci ecranul se va colora în galben.

Variind intensitatea fasciculelor de electroni care bombardează cele trei particule, prin amestecul luminii date de fiecare, se obțin toate nuanțele de culori. Rezultă pe ecran imaginea colorată transmisă. Se ivesc însă probleme deosebite cînd se dorește îndeplinirea condiției enunțate: cele trei fascicule să se suprapună exact în același orificiu al măștii perforate. Dacă pentru orificiile din centrul măștii suprapunerea (*convergența*

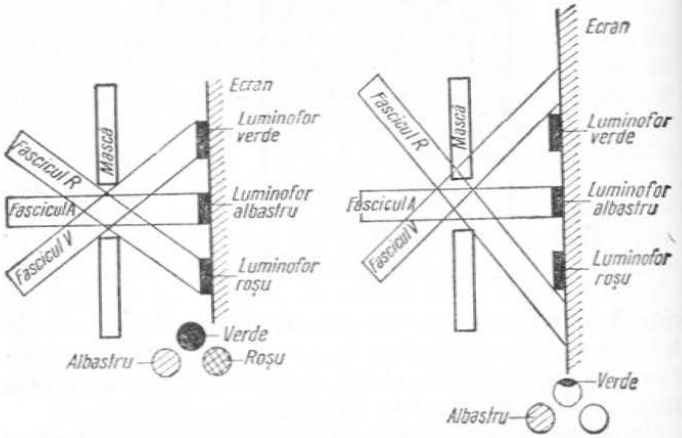


Fig. 99

statică) fasciculelor nu ridică probleme, în cele marginale, din cauza distanțelor diferite parcurse, suprapunerea nu se poate realiza în bune condiții *(convergență dinamică)*. În fig. 99 este ilustrat efectul nesuprapunerii fasciculelor. Se observă (fig. 99 *b.*) că o mică deviație a fasciculelor are ca efect iluminarea unei porțiuni mai mari sau mai mici din luminoforul corespunzător (în cazul prezentat o mică porțiune verde iar porțiunea roșie de loc, din cauza deplasării mari a fasciculului roșu). Această operație de reglare a suprapunerii fasciculelor în centrul orificiului măștii perforate se denumește reglare a convergenței statice. Deși este posibilă reglarea corectă a convergenței statice, imaginea colorată poate să nu apară corect pe ecran, mai ales spre marginile acestuia. Nu se realizează condiția de convergență dinamică, adică suprapunerea fasciculelor se face exact numai în orificiile din centrul ecranului. În fig. 100 este ilustrat acest efect. Se poate observa că, deși convergența statică este asigurată (orificiile dinspre centrul ecranului), în zonele marginale numai două dintre particulele unei triade își „văd" fasciculul de electroni corespunzător. Ca urmare, dacă

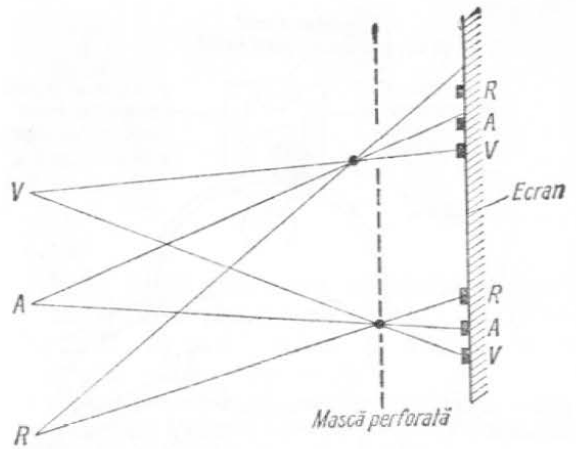


Fig. 100

în centrul ecranului imaginea apare colorată corect, spre margine culorile apar perturbate.

Există un bloc numit de convergență, situat pe gîtul cinescopului, care asigură reglarea în ambele cazuri. Convergența statică este corectată cu ajutorul unor mici magneți permanenți, cîte unul pentru fiecare fascicul, a căror rotire determină o deplasare a spoturilor în sensul dorit. Corecția convergenței dinamice se realizează mai dificil, fiind necesară atît deplasarea corespunzătoare a fasciculelor pe verticală cît și pe orizontală. Plasarea unor circuite magnetice avînd bobine parcurse de curenți cu frecvența cîmpurilor, respectiv a liniilor, rezolvă această problemă dificilă. În fig. 101 este reprezentată o secțiune printr-un tub cinescop tricrom și dispozitivul de convergență dinamică. Se remarcă faptul că pentru fiecare fascicul există cîte un circuit complet format dintr-un magnet permanent pentru corecția convergentei statice, circuit magnetic și bobine pentru corecție. Dispozitivul amintit silește cele trei fascicule să treacă simultan prin același orificiu al măștii perforate oricare ar fi poziția acestuia. Pentru o bună reproducere a culorilor, condiția este

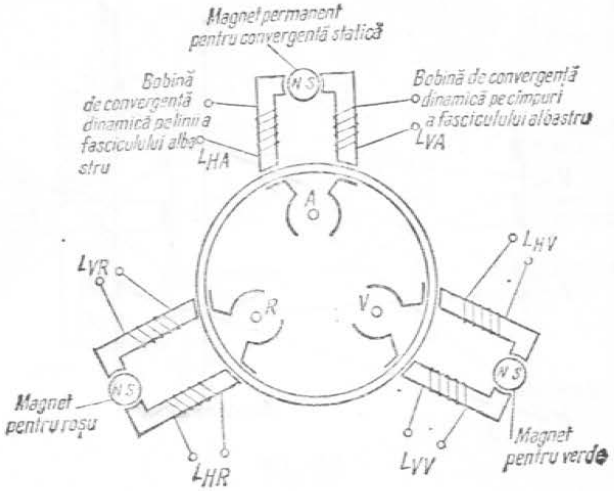
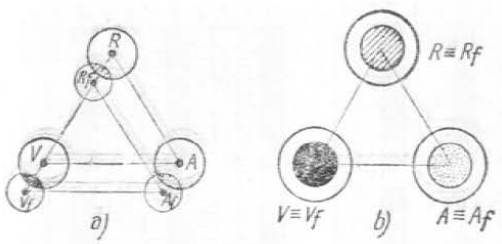


Fig. 101

absolut necesară dar nu și suficientă. Așa cum am văzut, rolul măștii este și acela de a „umbri" pentru porțiunea roșie, de exemplu, a oricărei triade, celelalte două fascicule (albastru și verde).

Evident, același lucru este valabil și pentru porțiunile albastre (masca să umbrească fasciculele verde și roșu) și verde (masca să umbrească fasciculele albastru și roșu). În funcționare pot interveni situații cînd, chiar fiind reglată corect umbrirea, fasciculul să nu cadă exact în centrul porțiunii corespunzătoare a triadei rezultînd atît o scădere a strălucirii cît și o eroare de reproducere a culorilor. Se spune în acest caz că puritatea culorilor nu este satisfăcătoare. Rezultă necesitatea unui *reglaj al purității culorilor*, adică a unui dispozitiv care să producă deplasarea fasciculelor în așa fel încît acestea să cadă exact în centrul particulelor de luminofor ale triodei. Efectul reglajului de puritate a culorile este exemplificat în fig. 102. În fig. 102 *a* centrele fasciculelor R_f, V_f și A_f sînt deplasate față de centrele particulelor R, V, A care for-

Fig. 102



mează triada. După efectuarea reglajului de puritate centrele fasciculelor coincid cu centrele particulelor, adică $R_f \equiv R$; $V_f \equiv V$; $A_f \equiv A$. Reglajul se realizează ușor prin rotirea unor inele magnetice asemănătoare cu cele existente la cinescoapele alb-negru pentru cadrarea imaginii. Ultimul bloc asociat tubului cinescop tricrom este blocul bobinelor de deflexie.

Fiind vorba de asigurarea unor deviații corespunzătoare pentru trei fascicule, este mult mai dificilă realizarea unui ansamblu de deflexie pentru un cinescop tricrom decît pentru un cinescop în alb-negru. Modul practic de realizare a bobinelor pentru deflexia pe verticală și a celor pentru deflexia pe orizontală este același ca și în cazul unui cinescop alb-negru dar se impun condiții severe în procesul de fabricație. Rolul lor este același ca și în televiziunea în alb-negru.

Cromatronul este un tub mai simplu destinat receptoarelor de televiziune în culori și avînd unele performanțe mai ridicate decît tubul cinescop cu mască perforată. Tehnologia sa nu a fost pusă la punct pînă în cele din urmă detalii, dar odată rezolvate problemele puse fabricarea lui în serie mare va însemna o simplificare simțitoare a circuitelor aferente și deci o ieftinire a receptorului. Poate fi construit în două variante: cu un singur tun sau cu trei tunuri electronice. În ambele cazuri ecranul este format dintr-o structură alternantă de benzi verticale, foarte înguste de luminofori sensibili la radiațiile culorilor primare R, V, A. Ele sînt dispuse în mod diferit după cum tubul are unul sau trei tunuri electronice. Pentru tubul cu trei

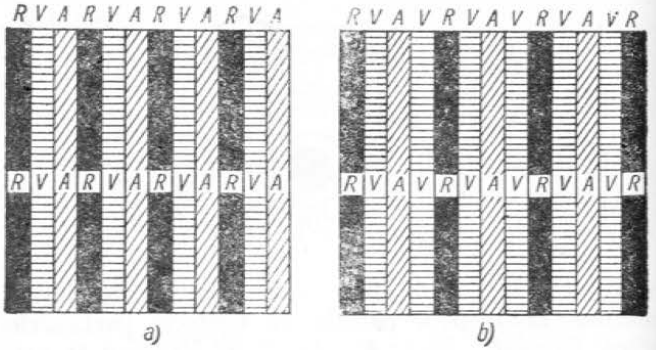


Fig. 103

tunuri (trinitron) ordinea benzilor este cea din fig. 103 *a*, adică alternanța obișnuită, *R*, *V*, *A*, pe cînd pentru cromatronul cu un singur tun benzile sînt astfel dispuse încît între două benzi de culoare verde se află alternativ o bandă roșie sau albastră (fig. 103 *b*). În fața ecranului se plasează la o distanță de 10—15 mm o așa-numită grilă de postfocalizare. Pe un cadru metalic se dispune o rețea extrem de fină de fire verticale, paralele între ele (pentru un ecran cu diagonală de 47 cm numărul firelor ajunge la aproape 100). Distanța între fire este riguros constantă, egală cu 1 mm. În cazul trinitronului fiecare fir cade în dreptul liniei care separă luminoforul roșu de cel albastru. Pentru cromatronul cu un tun electronic structura grilei este puțin diferită. Firele care formează grila sînt așezate numai în dreptul benzilor cu luminofor roșu și albastru. Cele din dreptul luminoforilor roșii sînt legate la un punct comun constituind un electrod iar cele din dreptul luminoforilor albaștri la un alt electrod. Rezultă două rețele complet separate din punct de vedere electric. Așa cum am menționat, trinitronul are 3 tunuri electronice așezate unul lîngă altul (coplanare) astfel încît în absența baleiajului, fasciculele emise să cadă pe benzile de luminofor corespunzătoare, așezate pe mijlocul ecranului. Construcția tunurilor este aceeași, adică, pentru fiecare

tun există un filament, un catod asigurînd emisia electronilor, o grilă de comandă G_1 cu rol de control al fluxului de electroni emis de catod, un ansamblu de trei grile polarizate în așa fel încît să asigure focalizarea și accelerarea electronilor, un anod comun asigurînd convergența celor trei fascicule pe benzile respective. Pentru trinitron, rețeaua de fire (grila de postfocalizare) se află la un potențial ridicat față de catod (12 kV). Ecranul are un potențial mai ridicat, de exemplu 18 kV.

În fig. 104 este prezentată o secțiune printr-un trinitron în regiunea din apropierea grilei de postfocalizare. Pentru fasciculul verde care vine perpendicular pe ecran, acțiunea grilei se manifestă printr-o deformare a secțiunii acestuia, care devine aproape eliptică. Secțiunea fasciculului roșu, ca și a celui albastru, devine, de asemenea, eliptică, suferind în același timp o astfel de deviație încît cad exact pe benzile cu luminofor roșu, respectiv albastru. În procesul de baleiere toate

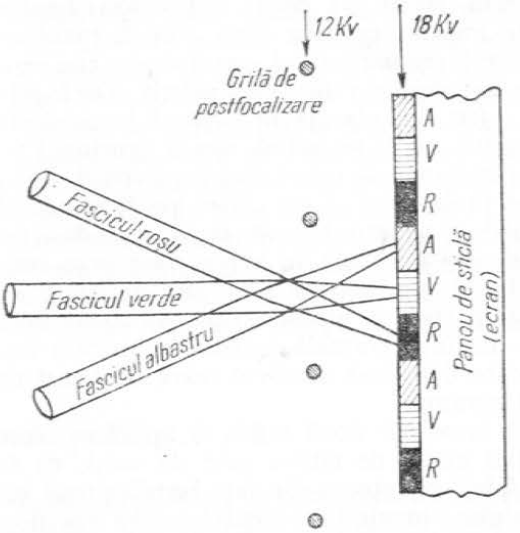


Fig. 104

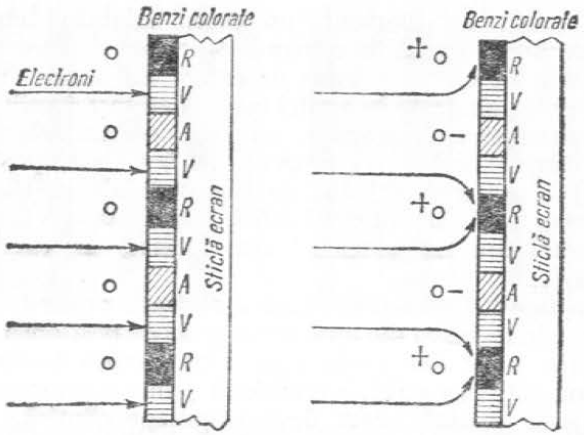


Fig. 105

trei fasciculele execută aceeași mișcare, sărind peste firele care formează grila, excitînd mai mult sau mai puțin benzile de luminofor pe care cad. Rezultă, din amestecul aditiv al celor trei culori fundamentale radiate imagini colorate care posedă toate nuanțele.

În cazul cromatronului cu un singur tun procesul de redare a culorilor este puțin diferit. Dacă celor două rețele (cu fire plasate în dreptul luminoforilor roșii și albaștri) nu li se aplică nici o tensiune, fasciculul de electroni emis de catod va trece normal, fără devieri, printre firele grilei și va cădea pe luminoforul verde (fig. 105 *a*). Fiind baleiat după metoda cunoscută, ecranul se va lumina în verde, deși prin construcție două benzi verzi consecutive sînt separate de benzi alternante roșii și albastre care vor apare întunecate. De la distanță normală benzile întunecate nu vor fi remarcate dat fiind numărul mare de benzi care formează ecranul.

Dacă între cele două rețele se aplică o diferență de potențial mare, de cîteva sute de volți, de exemplu cu + (plus) pe rețeaua din fața benzilor roșii, electronii fasciculului ajungînd în dreptul rețelei vor fi puternic atrași și deviați, căzînd exact pe banda roșie (fig. 105 *b*).

Ecranul se va lumina în roșu. Schimbînd polaritatea, deci aplicînd + (plus) pe rețeaua din fața benzilor albastre procesul se va repeta ecranul colorîndu-se în albastru.

Așadar obținerea unui rastru colorat în una din culorile fundamentale este extrem de simplă. Cum se obține totuși imaginea colorată? Trebuie să asigurăm o perfectă coincidență între momentul aplicării pe catodul tubului electronic a unuia dintre semnalele de culoare și momentul bombardării fîșiei de luminofor corespunzătoare. Pentru exemplificare presupunem că fasciculul de electroni bombardează într-un moment anume banda verde de pe mijlocul ecranului. În acel moment pe catod trebuie aplicat E_V. După un timp extrem de scurt, prin aplicarea unui potențial pozitiv pe grila din dreptul benzilor albastre fasciculul va bombarda luminoforul acestei benzi. Pe catod trebuie să existe semnalul E_A. Este necesar, prin urmare, un comutator care să cupleze la catodul tubului, cu o viteză extrem de ridicată, semnalele E_R, E_V, E_A în ordinea benzilor. Dispozitivul de comutare și circuitele aferente (se are în vedere capacitatea mare dintre cele două rețele, tensiunile mari necesare grilelor) complică mult schema și scumpesc receptorul. În plus, ca și la trinitron, din cauza bombardării firelor rețelei de către fasciculul în mișcare rezultă o ploaie de electroni secundari smulși metalului firelor. Căderea acestora pe luminofori în dreapta și în stînga firelor grilei duce la excitarea suplimentară a luminoforilor și deci la perturbarea culorilor. Din cauza bombardamentului continuu, firele grilei pot intra în vibrație rezultînd efectul microfonic. Trinitronul este deja folosit intens, mai ales pentru receptoarele portabile. În curînd va putea echipa și receptoarele staționare.

Receptor pentru P A L

Așa cum am menționat, în componența unui receptor de televiziune în culori intră elemente preluate din receptoarele în alb-negru (toată partea care precede

detectorul video plus partea de sincronizare), elemente comune tuturor receptoarelor *TVC*, oricare ar fi sistemul în care lucrează (tubul cinescop tricrom + (plus sistemul de deflexie + (plus) blocul de convergență) și elemente specifice fiecărui sistem. Întrucît schema bloc a unui receptor **NTSC** a fost prezentată, vom analiza pentru sistemele **PAL** și **SECAM** ceea ce este specific fiecăruia, respectiv calea de crominanță. Am văzut că la emisie, în cazul sistemului **PAL**, pentru a înlătura principalul defect al sistemului **NTSC** — redarea diferită a aceleiași culori în două momente diferite — se procedează la inversarea semnalului E_V pentru fiecare a doua linie. Deci, ca și în **NTSC**, există un modulator pentru E_U și altul pentru E_V (fig. 106). Dar, dacă primul primește de la generatorul de subpurtătoare semnalul avînd aceeași fază, cel de-al doilea îl primește defazat, secvențial, cu frecvența liniilor. Astfel pentru o linie are faza + 90° iar pentru următoarea −90° ș.a.m.d. La recepție, după extragerea semnalului de crominanță, în amplificatorul de strălucire, este prevăzut un amplificator al semnalului de crominanță. Ultimul etaj al amplificatorului are amplificare reglabilă. Modificarea amplificării duce la variații ale saturației

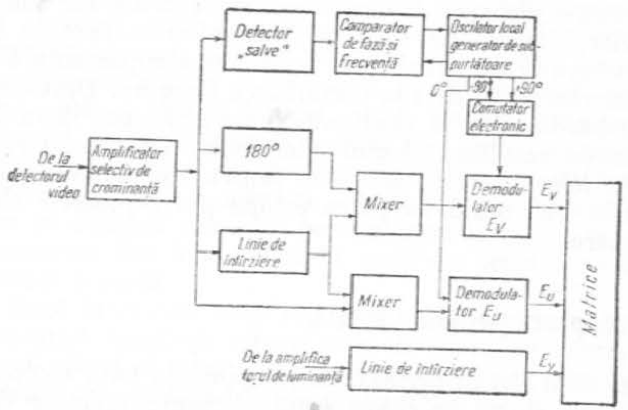


Fig. 106

culorilor. În același timp poate fi comandat, prin intermediul unui circuit, poarta care comandă blocarea în timpul recepției unui program în alb-negru. Semnalul de crominanță compus din cele două semnale E_U și E_V este aplicat în continuare demodulatoarelor pentru E_U și E_V. La ieșirea lor se vor obține semnalele E_U și E_V transmise inițial. În acest punct al schemei intervin diferențieri ale receptoarelor **PAL** după calitatea acestora și, implicit, după prețul de cost. Astfel, la televizoarele de serie mare, cu un preț de cost mai mic, semnalul de crominanță obținut la ieșirea amplificatorului de crominanță este aplicat direct modulatoarelor E_U și E_V. Ca urmare a acestui fapt dezavantajul sistemului **NTSC** este înlăturat numai pentru unghiuri de eroare mici, sub 10°. În cazul unui unghi de eroare mai mare, receptorul nu va mai sesiza eroarea de nuanță a culorii, comportîndu-se ca un receptor **NTSC**.

La televizoarele de foarte bună calitate au fost introduse trei elemente în plus, respectiv o linie de întîrziere și două mixere. Datorită lor un asemenea receptor beneficiază de toate avantajele sistemului **PAL** pentru orice unghi de eroare. În ambele situații însă, demodulatoarele primesc la cîte una din intrări semnalul de crominanță iar la celălalt oscilația generată de oscilatorul local. Din fig. 103 se observă că dacă la E_U subpurtătoarea regenerată local este aplicată direct, pentru a o putea aplica lui E_V, oscilația este trecută printr-un inversor comandat de un circuit basculant. În acest mod, pentru liniile pe care se transmit E_U și E_V, subpurtătoarea regenerată vine cu o fază de +90° iar pentru liniile pe care se transmit E_U și $-E_V$, subpurtătoarea regenerată vine cu fază de −90°. În rest, sincronizarea oscilatorului local, generator de subpurtătoare, se realizează în același mod ca și într-un receptor **NTSC**.

Semnalele E_U și E_V obținute la ieșirea demodulatoarelor sînt trecute printr-o rețea de rezistență obținîndu-se semnalele E_{R-Y}, E_{V-Y} și E_{A-Y}. După amplificarea lor în amplificatoare separate semnalele pot fi aplicate tubului cinescop.

Receptor pentru SECAM

La prima vedere (fig. 107), calea de crominanță a unui receptor **SECAM** este mai complicată decît a celorlalte două tipuri de receptoare întrucît conține un număr mai mare de etaje. Din semnalul video compus din semnalul de luminanță E_Y, semnalele de sincronizare și de stingere pe linii și pe cîmpuri și semnalele de crominanță D_R și D_A, transmise secvențial, pe linii, se separă cu ajutorul filtrului cu caracteristică în formă de clopot subpurtătoarea modulată în frecvență. După o amplificare prealabilă (amplificatorul se blochează în timpul recepționării unui program de televiziune în alb-negru), semnalul este aplicat, pe de o parte unui comutator electronic, iar pe de altă parte unei linii de întîrziere. Linia de întîrziere are rolul de a reține informația de culoare pe durata unei linii (64 μs). Comutatorul electronic, se pare piesa de bază a decodorului **SECAM**, primește la intrare mai multe semnale.

La intrarea notată cu 1 vine subpurtătoarea preluată direct, conținînd înglobate informații de culoare pentru fiecare linie dată, presupuse a fi fost transmise în succesiunea D_R, D_A, D_R, D_A. etc.

La intrarea notată cu 2 se aplică subpurtătoarea întîrziată cu 64 μs, adică exact cu durata unei linii. Înseamnă că la un moment dat ordinea succesiunii, față de cea de la intrarea 1, este schimbată, devenind D_A, D_R, D_A etc. În acest fel la intrarea comutatorului

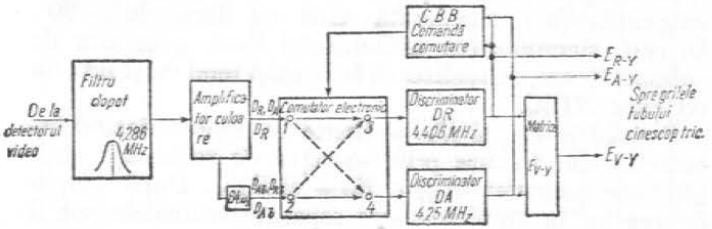


Fig. 107

dispunem în orice moment de două semnale, unul direct, presupunem D_R și unul întîrziat, deci $D_A\tau$. Comutatorul electronic este comandat de un circuit basculant bistabil care ordonă dirijarea semnalelor spre căile corespunzătoare, D_R și D_A. Pentru fiecare cale există un limitator avînd funcția de a îndepărta vîrfurile care au apărut pe parcurs și s-au suprapus peste subpurtătoarea de crominanță. Întrucît subpurtătoarea a fost modulată în frevență, demodulatorul va fi un discriminator de tipul detectorului de raport din calea de sunet obișnuită. La ieșirea lor rezultă semnalele de crominanță inițiale D_R, $D_R\tau$ și $D_A\tau$, D_A din care, destul de ușor se pot obține E_{R-Y}, E_{V-Y}, E_{A-Y} putînd fi aplicate pe grilele tubului cinescop tricrom. În acest fel, aplicînd pe catod E_Y iar pe fiecare din grilele de comandă ale fiecărui tun electronic E_{R-Y}, E_{V-Y}, și E_{A-Y}, fiecare fascicul electronic este comandat de un semnal corespunzător unei singure culori primare. De exemplu, pentru roșu semnalul va fi $E_{R-Y} + E_Y = E_R - E_Y + E_Y = E_R$.

Un receptor **SECAM** se bucură de proprietatea de a fi total insensibil la erorile de fază ale semnalului de televiziune. Este un avantaj de necontestat care, cumulat cu faptul că prin modul în care a fost proiectat sistemul a fost posibilă renunțarea la reglajul de nuanță și la reglajul de saturație a culorii, folosit aproape întotdeauna necorespunzător de către telespectatori, face cel puțin teoretic, din receptorul **SECAM** un favorit. Totuși, statisticile arată că la 1 ianuarie 1973, de pildă, la o mie de locuitori reveneau, în Franța, 20 receptoare **SECAM** iar în R.F. Germania 56 receptoare **PAL**.

Cifrele indică o reținere a telespectatorilor francezi în fața propriului sistem, deși prețul unui receptor **PAL** este mai mare decît al unui receptor **SECAM**. Se poate aduce în discuție și subiectivismul telespectatorilor care judecă numai în funcție de calitatea imaginii de pe ecranul receptorului propriu. Într-adevăr, culorile unei imagini recepționate cu un receptor **SECAM** sînt mai puțin nuanțate decît culorile unei imagini ob-

ținute cu un receptor **PAL**. De asemenea și compatibilitatea cu televiziunea în alb-negru este mai puțin bună decît în **PAL**.

Trebuie avute în vedere însă și avantajele „nevăzute" ale sistemului **SECAM**, respectiv stabilitatea lui foarte bună, faptul că o imagine color poate fi înregistrată fără complicații pe bandă magnetică, folosind magnetoscoape pentru alb-negru. În plus, oferă posibilitatea realizării reportajelor cu unități mobile.

Am trecut în revistă doar problemele puse în fața celor două sisteme europene, fără a mai aminti avantajele și dezavantajele sistemului american care au fost evidențiate la capitolul respectiv.

CARACTERISTICILE PRINCIPALE ALE SISTEMELOR DE TELEVIZIUNE ÎN CULORI

Vom puncta principalele elemente ale sistemelor de televiziune în culori pentru a putea evidenția asemănările și deosebirile între sistemele adoptate, avantajele și dezavantajele fiecăruia.

1° **NTSC** Culori primare adoptate — Roșu (R) $\lambda_R = 610$ mm; Verde (V) $\lambda_V = 535$ nm; Albastru (A) $\lambda_A = 472$ nm

PAL — idem

SECAM — idem

2° **NTSC** Semnale rezultate la ieșirea camerei videocaptoare — E_R, E_V, E_A,

PAL — idem

SECAM — idem

3° **NTSC** Semnalul de luminanță E_Y avînd ecuația $E_Y = 0{,}30\ E_R + 0{,}59\ E_V + 0{,}11\ E_A$ ca și semnalul video din televiziunea în alb-negru pentru a asigura compatibilitatea directă

PAL — idem

SECAM — idem

4° **NTSC** Semnalele video de diferență de culoare E_{R-Y} E_{V-Y} E_{A-Y} obținute cu ajutorul unui circuit matrice prin scăderea semnalului de luminanță E_Y din fiecare semnal primar.

PAL — idem

SECAM — idem

5° **NTSC** Semnalele video de crominanță, purtătoare de informații asupra culorii:

$$E_I = 0{,}47\ E_{R-Y} - 0{,}27\ E_{A-Y}$$

$$E_Q = 0{,}48\ E_{R-Y} + 0{,}41\ E_{A-Y}.$$

Față de un sistem de axe E_{R-Y}, E_{A-Y} sistemul E_I, E_Q este rotit cu 33°. Se transmit simultan, modulînd *în amplitudine* două oscilații defazate cu 90° generate de generatorul de subpurtătoare. La emisie există două modulatoare, unul pentru E_I și unul pentru E_Q. Modulatorul pentru E_Q primește *în permanență* subpurtătoare sinusoidală, avînd aceeași fază. Modulatorul pentru E_I primește *în permanență* subpurtătoarea cosinusoidală, deci defazată cu 90°. Datorită acestui fapt pot apare erori de fază și deci de nuanță a culorii. Astfel, în cursul unei transmisii, semnalul corespunzător unei culori ajunge corect la receptor. După un timp scurt, semnalul corespunzător aceleiași culori, datorită unor obstacole întîmplătoare, ajunge puțin mai tîrziu, rezultînd o eroare de fază. Receptorul nu poate sesiza eroarea și pe ecran apare o altă nuanță.

PAL Semnalele video de crominanță, purtătoare de informații asupra culorii

$$E_U = 0{,}49\ E_{A-Y}$$

$$E_V = 0{,}87\ E_{R-Y}.$$

E_V este în fază cu E_{A-Y}. Se transmit modulînd *în amplitudine* subpurtătoarea. La

emisie există tot două modulatoare, unul pentru E_V și altul pentru E_U. Modulatorul pentru E_U primește *în permanență* (la fel cu cel pentru E_Q în **NTSC**) subpurtătoarea avînd aceeași fază. Modulatorul pentru E_V primește *în permanență* subpurtătoarea produsă de generator dar avînd *fază diferită*. Pentru o linie faza subpurtătoarei este $+90°$ iar pentru linia următoare faza subpurtătoarei este $-90°$. Operația este echivalentă cu schimbarea polarității semnalului E_U. Se compensează în acest fel erorile de fază care apar independent de voința noastră. Pentru aceasta în receptor se reține pe perioada unei linii (64 μs), semnalul de crominanță corespunzător unei linii fiind comparat cu cel reținut. Rezultă la ieșirea blocului semnalele corecte E_U și E_V dacă nu sînt erori de fază și $E_U \cos\varphi$ și $E_V \cos\varphi$ (unde φ este unghiul de eroare) dacă există erori de fază. În acest mod nu este afectată nuanța culorii în nici un moment. Saturația va fi mai mică, dar pentru unghiuri de eroare mici nu poate fi sesizată. Din ele, cu ajutorul unui circuit matrice se obțin E_{R-Y}, E_{V-Y}, E_{A-Y}.

SECAM Semnalele video de crominanță purtătoare de informații asupra culorii

$$D_R = 1{,}9 \ E_{R-Y}$$

$$D_A = 1{,}5 \ E_{A-Y}.$$

Se transmit unul după altul, *alternativ*, cu frecvențele liniilor, modulînd *în frecvență* subpurtătoarea. Pentru o linie oarecare dacă se transmite D_R, pentru linia următoare se transmite D_A. În receptor se reține pentru fiecare linie semnalul de crominanță al liniei precedente. La recepție,

cu ajutorul unui comutator electronic, sînt dirijate spre o ieșire a comutatorului toate semnalele D_R, $D_{R\tau}$ iar spre cealaltă ieșire $D_{A\tau}$, D_A (a se remarca ordinea semnalelor de crominanță). Pentru o linie oarecare avem deci la dispoziție semnalele $D_{R\tau}$ și $D_{A\tau}$ sau $D_{R\tau}$ și D_A. Din ele, cu ajutorul unui circuit matrice, se obțin E_{R-Y}, E_{V-Y} și E_{A-Y}.

6° **NTSC** Semnalele de sincronizare cromatică (salve) pentru sincronizarea oscilatorului local al receptorului (refacerea subpurtătoarei) cu cel de la emisie (generator de subpurtătoare). Sînt 12—14 perioade ale subpurtătoarei, suprapuse impulsului de stingere pe orizontală. Nu se transmit în timpul impulsului de stingere pe verticală.

PAL Semnalele de sincronizare cromatică (salve) pentru sincronizarea celor două oscilatoare (de recepție și de la emisie). Sînt 9—11 perioade ale subpurtătoarei suprapuse impulsului de stingere pe orizontală. Spre deosebire de **NTSC** aici nu mai au aceeași fază ci: — pentru linia pe care se transmit E_U și E_V defazajul este 135°;

— pentru linia pe care se transmit E_U și $-E_V$ defazajul este $135° + 90° = 225°$ Nu se transmit pe timpul a circa 9 linii de pe intervalul de stingere pe cîmpuri.

SECAM Semnalele de sincronizare cromatică care au, spre deosebire de celelalte două sisteme, rolul de a satura discriminatoarele în timpul întoarcerilor pe orizontală și a elimina zgomotul termic.

7° **NTSC** Semnalele de identificare a culorii nu se transmit.

PAL Semnalele de identificare a culorii pentru identificarea liniilor pe care se transmit E_U și E_V și a liniilor pe care se transmit

E_U și $-E_V$. Rolul lor este jucat tot de semnalele de sincronizare cromatică. Este posibil acest lucru prin transmiterea cu defazaje diferite.

SECAM Semnalele de identificare a culorii transmise pentru a elimina posibilitatea orientării greșite a semnalelor de crominanță (D_R pe calea afectată semnalelor D_A sau invers). S-a constatat că este suficientă transmiterea lor la începutul fiecărui cîmp de explorare, pe intervalul a nouă linii cuprinse în intervalul impulsului de stingere pe verticală.

8° **NTSC** Frecvența subpurtătoarei de crominanță modulată în amplitudine în cuadratură de către E_I și E_Q

$$f_{sp} = 3{,}57912 \text{ MHz}$$

PAL Frecvența subpurtătoarei de crominanță modulată în amplitudine în cuadratură de către E_U și E_V

$$f_{sp} = 4{,}43361875 \text{ MHz}$$

SECAM Frecvența subpurtătoarei de crominanță modulată în frecvență, separat de către D_R și D_A.

$f_{sp} = 4{,}40625$ pentru semnalul D_R,
$f_{sp} = 4{,}25000$ pentru semnalul D_A.

Înainte de a fi modulată de către semnalele de crominanță, subpurtătoarea își schimbă faza cu 180° la fiecare a treia linie de explorare și la fiecare al doilea cîmp.

9° **NTSC** De la emițător sînt radiate în spațiu semnale de înaltă frecvență avînd frecvența corespunzătoare fiecărui canal pe care se face recepția. Ele sînt modulate de un semnal complex al televiziunii în culori format din:

— semnalul de luminanță;

— semnalul modulat de crominanță;
— semnale de sincronizare.

Transmisia se face după normele americane adică 525 de linii și lățime a canalului de 6 MHz.

PAL Semnal radiat de emițător modulat de un semnal complex format din aceleași semnale ca și în **NTSC**.
Transmisia se face după o normă cu 625 linii și lățime a canalului de 7 MHz.

SECAM Semnal radiat de emițător modulat de un semnal complex format din:
— semnal de luminanță;
— semnale de crominanță;
— salve de subpurtătoare pe timpul fiecărei linii;
— semnale de identificare a culorii pe timpul a 9 linii din timpul impulsului de stingere pe verticală. Transmisia se face după două norme, ambele cu 625 de linii și lățime a canalului de 8 MHz dar cu modulație pozitivă pentru semnalul de imagine și modulație de amplitudine pentru semnalul de sunet aferent în cazul uneia și cu modulație negativă pentru semnalul de imagine și modulație de frecvență pentru semnalul de sunet aferent în cea de a doua normă.

Acum, la sfîrșitul capitolului, cititorul își poate pune o întrebare perfect îndreptățită. Existența, în Europa, a două sisteme cu caracteristici atît de diferite face imposibil schimbul internațional de programe? Răspunsul este evident negativ întrucît, relativ ușor, cu dispozitivele special construite se poate realiza transpunerea semnalului video dintr-un sistem în altul. Mai mult, chiar fără a se realiza transpunerea în cadrul unui centru național, posesorii de receptoare **PAL** pot recepționa în bune condiții programe emise în **SECAM** și invers. Este necesară doar atașarea unei plăci cu circuite imprimate cu dimensiuni de circa 10 × 15 cm.

IV. MAI PUȚIN CUNOSCUTE...

Argus modern

Televiziunea nu a însemnat nimic pentru societate pînă în momentul în care, trecînd pragul laboratoarelor de cercetare, își semna certificatul de utilitate publică, devenind ceea ce un sociolog contemporan denumea „o fereastră minunată spre mapamond, văzînd și dinăuntru și dinafară".

Implicațiile apariției și dezvoltării televiziunii radiodifuzate în viața societății au fost studiate de diverse grupuri de oameni de știință. Nu vom aminti aici nici una dintre concluziile poate pentru simplul motiv că sînt contradictorii. Interesantă ar fi doar o trecere în revistă a evoluției acestora de-a lungul timpului, pe care nu o vom face, amintind că, oricum, s-a trecut destul de ușor de la un entuziasm exagerat (în prima perioadă), la repudierea aproape totală, într-o perioadă următoare, pentru a se ajunge acum la un „modus vivendi" acceptat tacit de către toți.

Dar, imperturbabili, aproape indiferenți la unele opinii și interesați — aparent — doar de aspectul pur tehnic al televiziunii, convinși că prin realizările lor contribuie la progres, specialiștii au căutat noi metode de îmbunătățire a performanțelor, noi domenii de aplicație ale televiziunii. Omenirea, mai ales la început, furată de mirajul avalanșei de imagini venite de aiurea și pătrunse în casă printr-un fir, nu mai avea ochi decît pentru „cutia cu minuni". De aceea sînt mai puțin cunoscute realizările televiziunii aplicate, deși, uneori, sînt mai spectaculoase și, cu siguranță, tot atît de utile ca și cele ale televiziunii radiodifuzate.

Încă nu se știe exact din ce an datează prima utilizare a televiziunii în industrie. Este evident însă că acest an nu poate fi plasat decît după 1931 cînd Zworykin realiza primul iconoscop pe deplin utilizabil. Cu acesta omul a putut deveni nu numai un „Argus" capabil să supravegheze vizual procese ce se desfășoară în diferite locuri ci un Argus modern putînd pătrunde cu privirea în locuri pînă atunci inaccesibile, uneori periculoase. Multiplele solicitări ale economiei au dus la realizarea unei game variate de sisteme de televiziune aplicată.

În principiu, un asemenea sistem este mai simplu decît un sistem de televiziune radiodifuzată. Se compune din una sau mai multe camere videocaptoare legate prin cabluri coaxiale sau fire telefonice cu un complex electronic cuprinzînd amplificatoare oscilatoare, generatoare de impulsuri de sincronizare și unul sau mai multe receptoare. În fig. 108 este prezentată schema bloc a unui sistem de televiziune aplicată cuprinzînd trei camere videocaptoare și trei receptoare. Receptoarele pot fi dintre cele obișnuite, comerciale, sau așanumitele monitoare, adică receptoare simplificate. Ele nu au nici circuite de înaltă frecvență și nici cale de sunet. Cînd este necesară cale de sunet, aceasta se realizează separat, fără nici o complicație tehnică. Uneori, complexul electronic poate lipsi, legătura dintre camera videocaptoare și monitor făcîndu-se direct prin cablu.

Sistemele de televiziune aplicată mai sînt cunoscute și sub numele de sisteme de televiziune în circuit închis, deoarece imaginile sînt de interes limitat. Prin urmare nu sînt radiodifuzate ci transmise la unul sau mai multe

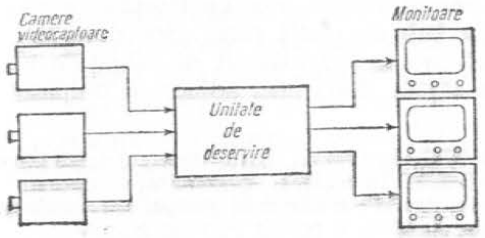


Fig. 108

puncte de supraveghere și comandă. Un asemenea punct pentru un proces industrial cu mari ramificații, cu multe puncte care necesită supraveghere prin camere videocaptoare, seamănă el însuși cu o adevărată uzină. Numai prezența numeroaselor monitoare ar fi suficientă pentru a da această impresie. Ori, tot acolo trebuie plasate și dispozitivele de telecomandă a diferitelor aparate, de reglaj a diverșilor parametri, căile de sunet necesare transmiterii anumitor mesaje etc.

Camerele videocaptoare sînt, în principiu, asemănătoare cu cele utilizate în televiziunea radiodifuzată. Desigur că există particularități constructive în funcție de destinația sistemului. În plus, cînd este necesară micșorarea dimensiunilor, în unele aplicații speciale, se pot plasa în afara camerei o parte din elemente. S-au realizat camere videocaptoare formate numai din tubul videocaptor propriu-zis și sistemul de deflexie și focalizare al acestuia. Frecvent sînt folosite tuburi videocaptoare de tip superorticon și vidicon. Acesta din urmă, sub formă miniaturizată, echipează camerele de dimensiuni mici necesare în unele aplicații speciale. Există tuburi videocaptoare, evident de tip vidicon, avînd diametrul sub 10 mm și o lungime mai mică de 9 cm.

Un loc aparte îl ocupă tuburile videocaptoare și cele reproducătoare sensibile la radiațiile invizibile ochiului omenesc (ultraviolete, infraroșii, Röentgen[1]).

Primele sînt radiații cu lungimea de undă mai mică decît lungimea de undă minimă pe care o poate sesiza ochiul omului, adică sub 0,4 m. Existența lor a fost pusă în evidență încă din 1801 de către fizicianul J.W. Ritter. Se pot obține ușor cu lămpile cu vapori de mercur. Un tub de cuarț care, spre deosebire de sticla obișnuită, poate fi străbătut de radiațiile ultraviolete, are la capete două mici adîncituri umplute cu

[1] RÖENTGEN, Wilhelm Conrad (1845—1923), fizician german cu multiple preocupări (mecanică, electricitate, optică). În 1895, studiind descărcările electrice în gaze, a descoperit razele X pentru care, în 1901, a primit Premiul Nobel.

mercur. Ele constituie electrozii și sînt legați în exterior, printr-o rezistență, la o sursă de curent continuu. „Aprinderea lămpii" se realizează ușor printr-o înclinare a tubului, astfel încît mercurul din adîncituri să se unească formînd o singură coloană. Revenind în poziția inițială, coloana se rupe, rezultînd un arc electric. Atomii vaporilor de mercur rezultați sînt excitați emițînd radiații ultraviolete. Din categoria tuburilor videocaptoare sensibile la radiații invizibile vom aminti doar realizarea cercetătorilor francezi, finalizată în 1972, un tub sensibil la radiații infraroșii bazat pe principii noi. Avînd structura generală a unui vidicon obișnuit, tubul are în plus o retină piroelectrică situată înapoia unui ecran făcut dintr-un material care lasă să treacă radiațiile infraroșii. Retina este de fapt o lamă monocristalină șlefuită, realizată în așa fel încît variațiile de temperatură de la un punct la altul să producă variații ale sarcinii electrice. Va rezulta deci un relief de potențial (pe una din fețe, cealaltă fiind menținută la un potențial fix) corespunzător obiectului de la care provin radiațiile. „Citit" cu un fascicul de electroni produs de un tun obișnuit, relieful se traduce, în final, în semnale video care pot fi transmise mai departe. Tubul este sensibil și la variații de temperatură de 1° C astfel că permite o utilizare pe scară largă.

Există de asemenea tuburi sensibile în radiațiile Röentgen care își găsesc aplicații în diverse sisteme speciale de televiziune. Descoperite în 1895 de W.C. Röentgen și avînd lungimea de undă cuprinsă între 0,5 Å și 200 Å radiațiile Röentgen (sau razele X) se folosesc intens în medicină.

Pentru noi sînt interesante mai ales tuburile videoreproducătoare, numite și convertoare electronooptice deoarece transformă, prin mijloace electronice, o imagine formată de radiații invizibile în imagine vizibilă. Construite într-o gamă destul de largă, ele oferă ochiului posibilitatea distingerii obiectelor prin ceață, fum, întuneric, permit studierea organismelor, a structurii interne a metalelor și aliajelor.

Funcționarea convertoarelor pentru ultraviolete este relativ simplă. Folosesc ca intermediar o imagine electronică formată pe un fotocatod. Electronii smulși fotocatodului (numărul lor este în fiecare punct proporțional cu mărimea radiației incidente) sînt accelerați de focalizați, producînd pe ecranul acoperit cu luminofor imaginea inițială.

Pentru a face vizibile imaginile numai cu ajutorul radiațiilor infraroșii se formează indirect o imagine electronică intermediară. Radiațiile infraroșii cad pe una dintre fețele unei fotorezistențe din sulfură de plumb. Stratul fotorezistenței își modifică rezistența în diferite puncte, corespunzător cantității de energie incidentă. Se formează în acest fel un relief de potențial reprezentînd imaginea electrică a obiectului de la care provin radiațiile infraroșii. Pe partea opusă, înclinat față de fotorezistență, se plasează un tun electronic simplu. Electronii emiși se apropie cu viteză mică de suprafața fotorezistenței. Se pot crea condiții astfel încît stratul fotorezistiv să se comporte ca o oglindă. Punctele stratului (avînd potențiale diferite) reflectă electronii diferit, formînd pe un ecran luminescent imaginea vizibilă a obiectului proiectat pe suprafața fotorezistenței.

Mai spectaculoasă este, poate, obținerea unor imagini vizibile din imagini ultrasonice, adică din imagini invizibile, obținute cu ajutorul ultrasunetelor. Numite convertoare electroacustice, ele funcționează într-un domeniu considerat ca aparținînd fantasticului. După expresia unui scriitor francez, ele dau „posibilitatea de a vedea ceea ce nici măcar nu auzim". Pe una din suprafețele unui perete subțire de sticlă (al tubului propriu-zis) se depune un material care absoarbe energia ultrasunetelor venind de la obiectul de vizualizat. Astfel, diferitele puncte ale materialului depus se încălzesc, mai mult sau mai puțin, proporțional cu intensitatea fasciculului incident. Pe partea opusă se depune un alt strat care emite electroni chiar la încălziri foarte mici. Electronii eliberați sînt transportați în partea opusă a tubului, unde, căzînd pe un strat de

luminofor, formează imaginea vizibilă a obiectului respectiv.

Înainte de a vedea multiplele domenii în care televiziunea și-a găsit numeroase întrebuințări, să amintim faptul că, în industrie se folosesc și sisteme cu parametri diferiți de ai televiziunii radiodifuzate. Diferențele nu au rezultat dintr-un capriciu al specialiștilor, ci din cerințele specifice domeniului în care se dorește și mai ales este necesară utilizarea televiziunii.

Să presupunem că vrem să obținem informații asupra obiectelor cu o iluminare foarte mică, plasate în locuri unde nici nu este posibilă o iluminare exterioară. Sau, chiar dacă ar fi posibilă o iluminare din afară, natura procesului care trebuie urmărit nu ar permite (diferite procese chimice dependente de lumina primită). Sistemele de televiziune obișnuite nu permit acest lucru de aceea este necesară mărirea sensibilității. Într-un sistem de televiziune sensibilitatea se definește, în general, ca mărimea inversă iluminării necesare fotocatodului tubului videocaptor pentru a se asigura transmiterea unor imagini de bună calitate. Micșorînd numărul de cadre transmise pe secundă, se poate mări într-o măsură acceptabilă sensibilitatea. Soluția este adoptată și pentru că prezintă avantajul de a permite transmiterea imaginilor la distanțe foarte mari utilizînd liniile telefonice, frecvențele de lucru ale sistemelor de acest tip fiind reduse în comparație cu cele ale televiziunii radiodifuzate. Propus de savantul sovietic S.I. Kataev, încă din 1937, sistemul a fost perfecționat în timp utilizîndu-se astăzi în două variante. Prima, poate fi întrebuințată numai în transmiterea unor obiecte fixe sau aproape fixe, altfel imaginea apare întovărășită de dîre dînd impresia de mînjire. A doua variantă, denumită cu expunere intermitentă, permite și transmiterea imaginilor cu o mobilitate mai mare, dar la recepție vor rezulta o serie de imagini fixe, separate. Succesiunea lor va reflecta însă fazele mișcărilor obiectelor așa cum au fost expuse în fața camerei videocaptoare.

În construirea acestor tipuri de sisteme de televiziune nu apar probleme foarte complicate dacă se aleg în mod convenabil parametrii sistemului. Sînt necesare însă tuburi cinescop speciale, pe care imaginea să persiste un timp destul de îndelungat. În sens larg am putea vorbi de o memorie a tubului cinescop. Un asemenea tub, permiţînd chiar reglarea timpului cît se păstrează imaginea pe ecran sau ştergerea imaginii existente pe ecran pentru înregistrarea alteia este tubul denumit potenţialoscop. Tubul este de o construcţie specială avînd plasată înaintea ecranului luminiscent o grilă metalică. Acoperirea grilei cu un strat care se poate încărca negativ pînă la un anumit potenţial, numit potenţial de blocare, duce, sub acţiunea fasciculului de electroni emişi de catod, la apariţia fenomenului de emisie secundară. Ca urmare, apar electroni avînd viteză mică (lenţi). Lovind acum stratul de luminofor de pe ecran se formează imaginea vizibilă cu o persistenţă mult mărită faţă de cea formată pe ecranul unui cinescop obişnuit.

Sistemul de televiziune aplicată cu număr redus de cadre oferă mari posibilităţi de utilizare în astronomie, medicină, industrie, cristalografie etc.

Cu un mic corectiv (separarea expunerii de explorare) sistemul permite obţinerea unor imagini calitativ superioare fotografiilor cu timp de expunere foarte mare. De exemplu, pentru culegerea unor informaţii despre obiectele cu contururi estompate sau care se găsesc în întuneric (stele), sistemul a permis obţinerea, cu o expunere de 2,5 secunde, unei imagini mai bune decît o fotografie realizată cu expunere timp de 30 minute.

În industrie, permite vizualizarea unor obiecte cu mişcare de rotaţie rapidă (elicea avioanelor, paletele turbinelor etc.).

Poate mai spectaculoasă este posibilitatea utilizării televiziunii combinată cu microscopul. Dealtfel, din acest hibrid a rezultat o nouă tehnică de investigare în cercetarea ştiinţifică, telemicroscopia. O cameră video-captoare captează imaginile din cîmpul vizual al microscopului redîndu-le pe unul sau multe monitoare video, care pot fi urmărite simultan de un număr mare de spectatori. În plus, deoarece se poate acţiona asupra contrastului, este posibilă scoaterea în evidenţă a unor amănunte de interes particular. În 1971 a fost realizat un telemicroscop bazat pe principii noi care a permis obţinerea primelor microfotografii ale structurii celulelor biologice vii, lucru deseori imposibil cu un microscop optic şi exclus cu unul electronic deoarece fixarea chimică, colorarea şi pulverizarea eşantioanelor provoacă pieirea lor. În construcţie s-a folosit o combinaţie între acustică şi holografie asociată cu televiziunea. Unde sonore străbat eşantionul şi, modificate de acesta, cad pe o oglindă plastică. Rezultă o „imagine" acustică care este citită de raza unui laser. O fotodiodă recepţionează raza reflectată şi produce modulaţia. Ca urmare apare, pe ecranul unui televizor, imaginea mult mărită a zonei sonorizate a eşantionului.

Nu vom mai trece în revistă modul de utilizare sau performanţele televiziunii în metalurgie, în minerit, energetică, transporturi navale sau feroviare, în construcţii hidrotehnice, în exploatări forestiere etc. Este de ajuns să subliniem faptul că, protejată corespunzător, camera de televiziune este observatorul cel mai atent, cel mai obiectiv şi mai cu seamă cel mai docil. Poate înfrunta şi miile de grade ale focarelor cuptoarelor sau furnalelor, şi atmosfera insuportabilă pentru om într-un front de lucru înaintat dintr-un abataj, şi presiunea enormă a adîncurilor subacvatice. Televiziunea îşi oferă serviciile în toate domeniile vieţii sociale. Controlul continuu, zi şi noapte, al circulaţiei rutiere în zonele aglomerate, al nodurilor de cale ferată cu ajutorul celui mai fidel şi mai discret observator — camera de televiziune — a devenit deja o realitate.

O cameră de televiziune echipată cu un tub video-captor foarte sensibil, plasată pe un avion zburînd la circa 1800 m poate detecta bancurile de peşti, conturul acestora, dirijînd o întreagă flotă de pescuit, îndeplinind rolul celui mai sigur şi avizat dispecer.

În învățămînt, combinată cu formele tradiționale de studiu, televiziunea își poate permite performanța de a avea, cu rezultate foarte bune, în același timp zeci de mii de elevi.

Vom încheia aici capitolul privind aplicațiile televiziunii întrucît numai trecerea în revistă a tuturor acestora, ar necesita un spațiu cu mult mai mare decît cel afectat întregii cărți.

Prin mulțimea aplicațiilor, în cele mai diverse domenii, prin spectaculozitate în unele cazuri și întotdeauna prin marea utilitate a observațiilor, televiziunea demonstrează cît se poate de bine puterea unei realizări inventată de oameni pentru oameni.

Micul ecran devine marele ecran

Observarea atentă a evoluției receptoarelor de televiziune relevă două tendințe aparent contradictorii. Pe de o parte interesul constructorilor de a micșora cît mai mult dimensiunile aparatului iar pe de altă parte necesitatea măririi diagonalei ecranului tubului cinescop. Deoarece chiar în cele mai moderne tipuri de televizor, circa 60% din volum este ocupat de tubul cinescop, specialiștii au găsit soluții de compromis acționînd mai ales asupra cinescopului.

Mărirea diagonalei, făcută pe seama măririi unghiului de deflexie a fasciculului de electroni, a permis și micșorarea lungimii totale a tubului cinescop. Fig. 109 exemplifică evoluția tuburilor cinescop considerînd un tub cinescop cu diagonala de 43 cm și un altul cu diagonala de 53 cm.

De ce totuși nu se construiesc și tuburi cinescop cu diagonală mai mare, eventual depășind 1 m? Dintre numeroasele impedimente de ordin constructiv nu vom aminti decît unul.

Tubul cinescop este o cavitate vidată. Presiunile uriașe la care este supus tubul dinspre exterior, cresc

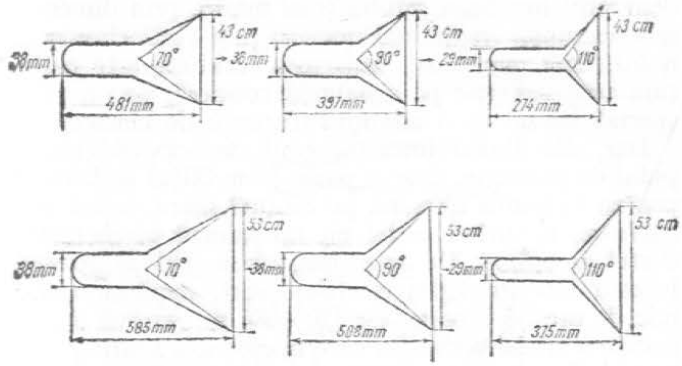


Fig. 109

proporțional cu cubul diagonalei. Cu alte cuvinte la o dublare a dimensiunilor diagonalei eforturile cresc de opt ori. Asta nu înseamnă că nu vom avea niciodată ecrane cu diagonală mai mare, în locul „micilor ecrane" — veritabile ecrane. Dar, se pare că, după tehnologia actuală și principiul de funcționare vechi de 70 ani, tubul cinescop, în ceea ce privește dimensiunile, a dat totul. Noile principii de funcționare și noile tehnologii propuse pentru realizarea formatului „tablou", visul telespectatorilor avizați și țelul specialiștilor, vor fi analizate în capitolul următor. Ce vom face însă pînă cînd vor fi puse la punct noile tehnologii? Vom fi obligați să privim același ecran de mici dimensiuni? Răspunsul este, desigur negativ. De-a lungul timpului au existat numeroase propuneri pentru instalații de obținere a imaginilor televizate pe ecran mare.

În principiu obținerea imaginilor de televiziune pe ecran mare se poate face pe două căi. Prima, materializată deja, copiază întrucîtva cinematograful. Semnalul de televiziune este recepționat cu o instalație obișnuită de recepție și după prelucrare este aplicat unui cinescop de construcție specială, denumit cinescop de proiecție. De fapt, principiul de funcționare al unui asemenea tub este același, deosebindu-se de un cinescop obișnuit

doar prin lungimea gîtului (mai mare), prin dimensiunile ecranului (mult mai mici) și prin strălucirea ecranului (mult mai mare). Imaginea rezultată este proiectată prin reflecție pe o oglindă concavă, pe un ecran special, așezat la o anumită distanță de cinescop.

Dar, din fluxul luminos, emis de ecranul cinescopului de proiecție, doar o parte (cam 30%) se folosește pentru formarea imaginii pe ecranul mare, restul pierzîndu-se, rezultînd astfel un randament al instalației destul de scăzut. De asemenea, cinescopul de proiecție lucrînd într-un regim electric forțat, după un număr mic de ore de funcționare (20—30) se observă o întunecare a sticlei ecranului care micșorează simțitor strălucirea. În plus, tensiunile foarte înalte de accelerare, pînă la 100 kV au ca efect apariția razelor Röentgen, periculoase pentru organism.

Încercările de înlăturare a neajunsurilor au purtat pe specialiști spre o a doua cale, bazată pe modularea fluxului luminos provenit de la o sursă separată de lumină. Semnalul de televiziune recepționat cu instalații obișnuite este îndreptat spre dispozitive speciale spre care vine și fluxul luminos al sursei exterioare. La ieșire se obține un flux luminos cu intensitate comandată de semnalul de televiziune. Cel mai utilizat procedeu din această categorie este cel inventat de elvețianul Fritz Fischer din Zürich, denumit procedeu Eidophor, permițînd obținerea unor imagini de calitate pe ecrane a căror suprafață poate atinge 80 m².

Într-un balon de sticlă vidat, ca formă amintind pe cea a iconoscopului (fig. 110), este plasat un tun electronic puțin modificat, comandat de către semnalul video. Pe suprafața unei oglinzi concave se depune un strat subțire de ulei special. În fața oglinzii, în afara tubului, se găsește un sistem de benzi reflectante, cu suprafața metalizată, astfel așezat încît banda centrală *(C)* se găsește în centrul de curbură al oglinzii. Celelalte benzi sînt dispuse astfel încît una să reprezinte imaginea celeilalte. Cu alte cuvinte, orice rază plecînd din *C* se reflectă tot în *C*, pe cînd o rază care pornește din *A*, de pildă, se reflectă în oglindă ajungînd după

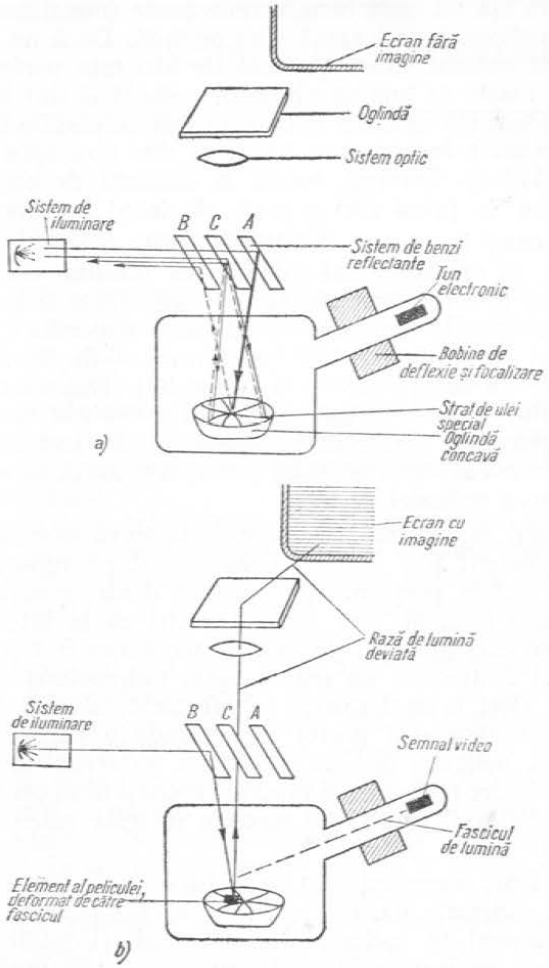


Fig. 110

aceea în *B*, sau invers. Separat, se prevede un sistem de iluminare compus dintr-o lampă cu xenon, un condensator de lumină, o fereastră de proiecție și un sistem optic. Razele de lumină ale lămpii cu xenon sînt diri-

jate în aşa fel încît benzile reflectante (metalizate) din faţa oglinzii le îndreaptă spre oglindă. Dacă nu a fost aplicat semnal video, pelicula de ulei este perfect netedă, razele de lumină ajung pe oglindă şi sînt îndreptate (datorită modului în care au fost amplasate benzile reflectante) înapoi spre benzi şi din nou spre sursă (fig. 110 *a*). Ecranul, aşezat la distanţă de acest sistem nu va primi nici o rază, rămînînd întunecat.

În cazul în care se doreşte proiecţia unei imagini pe ecran, se aplică semnal video grilei tunului electronic (numai acum se conectează unui generator şi catodul, din motive de economie — existenţa vaporilor de ulei ducînd la îmbătrînirea prematură — după 20—30 de ore de funcţionare — a catodului). Diametrul fasciculului emis de catod va fi mai mare sau mai mic, corespunzător strălucirii elementului de imagine. Va rezulta o curbare mai mică sau mai mare a zonei respective a peliculei de ulei.

Razele de lumină provenite de la sursă se comportă acum diferit (fig. 110 *b*). Cele care după reflecţia pe benzi cad în porţiunea *A*, curbată datorită explorării de către fascicul, sînt deviate astfel că la întoarcere nu mai cad din nou pe una dintre benzi ci trec prin spaţiul dintre ele, un sistem optic îndreptîndu-le spre ecran. Deci, la un diametru mic al fasciculului (densitate a electronilor mai mare), corespunde o curbare mai mare a peliculei de ulei, rezultînd pe ecran un punct cu strălucire mai mare şi invers. Procesul fiind continuu, ca şi deflexia, rezultă pe ecran o imagine mărită, de o calitate foarte bună.

Evident, complexitatea aparaturii implică, pe lîngă costul ridicat, măsuri speciale de întreţinere, fiind utilă numai în cadrul unor colectivităţi relativ numeroase, instituţiilor, în aplicaţii industriale. Problema realizării unor ecrane cu dimensiuni mai mari (restul instalaţiei fiind cît mai mic) pentru uz casnic rămîne încă deschisă. Este cert însă că dintre numeroasele încercări viitorul, nu prea îndepărtat, va alege pe cea mai bună.

V. ÎNCOTRO, TELEVIZIUNE?

Televiziunea stereoscopică

Devenită o prezenţă activă în viaţa societăţii, televiziunea îşi îndreaptă, împreună cu beneficiarii săi, paşii spre viitor. Cum va arăta însă viitorul ei? Spre ce se va tinde de acum înainte în televiziune? Care va fi următoarea etapă? Fără pretenţia unei prognoze sigure, se poate răspunde întrebărilor, şi o vom face de la început: spre *televiziune în culori*, *stereoscopică* şi *extraplată*.

Saltul de la televiziunea în alb-negru la cea în culori a fost generat de dorinţa de a-i reda ochiului una dintre facultăţile sale esenţiale — vederea colorată. Evoluţia televiziunii va fi determinată de necesitatea întregirii capacităţii ochiului de a putea să vadă imaginea în totalitatea ei, aşa cum este, nu raportată numai la două dintre dimensiunile spaţiului, ci la toate trei. Se poate aprecia că următorul salt în televiziune îl va constitui apariţia televiziunii stereoscopice, o transpunere în vizibil a ceea ce s-a reuşit să se realizeze în domeniul sunetelor. Se ştie ce este stereofonia, metodele şi instalaţiile care reuşesc să creeze iluzia „reliefului sonor". În televiziune, receptorului i se impun condiţii mult mai severe, deoarece, în acelaşi timp, trebuie creată şi iluzia reliefului sonor şi iluzia reliefului imaginii. Dacă pentru prima parte, pentru sunet, problema se rezolvă uşor preluînd în întregime stereofonia, pentru imagine lucrurile sînt mult mai complicate, deşi în principiu par simple. Recepţia spaţială a obiectelor bazîndu-se pe vederea binoculară (cu ambii ochi, fiecare fiind impresionat în acelaşi mod, dar din direcţii diferite), este necesară, pentru realizarea televiziunii

în relief, transmiterea a două imagini captate din două direcții diferite. Transmiterea fiecărei imagini, una corespunzătoare ochiului stîng, a doua ochiului drept, se face prin cîte un canal diferit. La recepție există două tuburi cinescop, cîte unul pentru fiecare imagine. Privite fie dintr-o anumită poziție, fie prin instrumente speciale, imaginile creează iluzia de relief. Scena apare așa cum este în realitate, avînd lungime, lățime, înălțime.

Deseori utilizat este sistemul reprezentat în fig. 111, în care se așază cele două tuburi cinescop unul lîngă altul, în același plan. În fața fiecărui tub se plasează cîte un filtru colorat (de obicei unul roșu și celălalt albastru). Printr-un sistem optic, imaginile sînt proiectate pe un ecran, unde aproape că se suprapun. Pentru vizualizare sînt necesari așa-numiții ochelari anaglifici (cu o lentilă roșie și alta albastră). În acest fel, fiecare ochi va primi razele de lumină care au trecut mai întîi prin filtrul de aceeași culoare cu lentila. Sistemul are avantajul că permite urmărirea emisiunii de către mai mulți telespectatori.

Mai evoluat se prezintă un alt sistem, și anume cel care înlătură utilizarea ochelarilor anaglifici. Tubul cinescop este în acest caz de construcție specială, cu

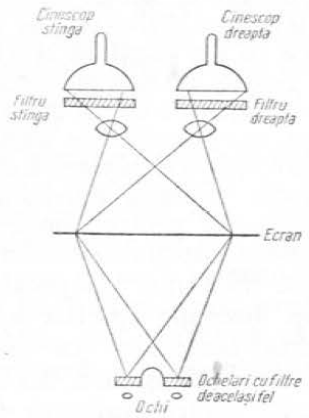


Fig. 111

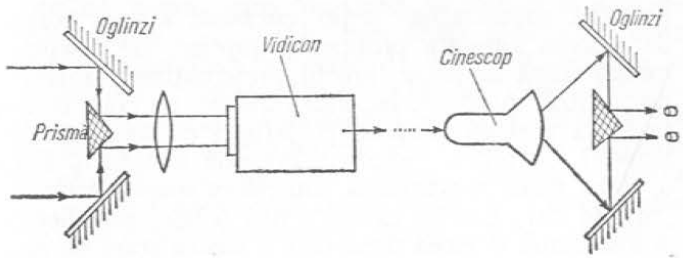


Fig. 112

ecran tip rastru. Imaginea rezultată este formată din benzi alternative ale imaginilor stîngă și dreaptă transmise astfel de la emisie. Deocamdată sistemul nu este utilizat datorită preciziei mari care se impune în tot lanțul.

Pentru nepretențioși au fost puse la punct sisteme mai simple, dar care asigură în schimb o finețe mai mică a imaginii. Astfel, cu un singur echipament complet de televiziune se poate obține o imagine stereoscopică acceptabilă, utilizînd atît la emisie cît și la recepție un sistem de oglinzi și prisme. Imaginile, stîngă și dreaptă, sînt proiectate cu ajutorul sistemului optic menționat pe ecranul unui singur tub videocaptor. La recepție, același sistem asigură separarea imaginii de pe ecranul cinescopului în două imagini — stînga-dreapta (fig. 112). Deocamdată nu s-a ajuns la sisteme ieftine, simple și cu finețe bună. Distorsiunile sînt încă mari, imaginile încă nesatisfăcătoare. Poate adoptarea altui principiu de construire va aduce imaginii televizate cea de a treia dimensiune, a cărei lipsă este resimțită de telespectatori.

Televizorul extraplat cu cristale lichide

Toate manualele definesc cristalele ca fiind corpuri solide, omogene și anizotrope. Lichidele, dimpotrivă, sînt izotrope și nu cristalizează. Anizotropia re-

prezintă capacitatea, puțin curioasă, a unor corpuri de a avea anumite proprietăți (optice, de exemplu) numai după anumite direcții preferențiale. Izotropia, din contră, nu alege. În orice direcție, un corp izotrop prezintă aceleași proprietăți. Atunci ce sînt cristalele lichide? La prima vedere, o greșeală a naturii. După o veche zicală românească, am putea spune că nu sînt „nici în car, nici în căruță", nici solide, nici lichide. A fost emisă și ideea după care a cincea stare de agregare a materiei este tocmai starea de cristal lichid.

Un corp cristalin încălzit la o anumită temperatură, t_1 începe să se moaie devenind un fel de pastă groasă, dar fără să fie lichid. Abia după atingerea unei alte temperaturi, t_2, superioară primei, corpul devine complet lichid. A avut loc ceea ce am învățat că se numește schimbarea stării de agregare. Procesul nu a fost net ci cu o trecere intermediară prin așa numita mezofază, observabilă și stabilă numai între cele două temperaturi, t_1 și t_2, desigur variabile de la un corp la altul. Să subliniem și faptul că nu orice corp cristalin prezintă mezofază, ci numai unul din două sute de corpuri cristaline provenite din substanțe organice. Asemenea substanțe, evident în starea de mezofază, pe care o vom denumi de acum cristal lichid, au proprietăți fizice aparținînd celor două stări de agregare între care se găsesc. Astfel, interesant pentru noi, acestea prezintă proprietăți optice asemănătoare cristalelor, fiind totuși fluide. Descoperirea lor nu aparține fizicii zilelor noastre, așa cum s-ar putea crede. Cristalele lichide au o vîrstă venerabilă. Sînt aproape centenare. În 1888, doi fizicieni, O. Lehmann și Reinitzer au scos în evidență nu numai existența lor ci le-au determinat și proprietățile generale, categorisindu-le în trei clase.

Prima clasă corespunde cristalelor de tip nematic. Fiind foarte fluide, moleculele alungite (semănînd cu o țigară de dimensiuni foarte mici) se prezintă ca niște fire suspendate într-un lichid. Lehmann, descoperitorul acestui tip de cristale, pornind de la această asemănare, le-a dat și denumirea de nematice, de la

grecescul „nema" care înseamnă fir. Într-o mostră de cristal nematic, privit la microscop, moleculele apar strict paralele unele cu altele, dar fără a fi ordonate la vreunul dintre capete. Un cîmp electric exterior determină o modificare a orientării acestora, dependentă atît de natura cristalului cît și de mărimea cîmpului aplicat. Dacă înainte de aplicarea cîmpului mostra era perfect transparentă, noua orientare a moleculelor provoacă o reflexie difuză a luminii dîndu-i un aspect lăptos.

A doua categorie este cea a cristalelor evidențiate de Reinitzer și denumite colesterice, deoarece provin din substanțe organice derivate ale colesterolului. O mostră de cristal colesteric se prezintă asemenea unei cărți. Moleculele sînt dispuse în plane paralele formînd „paginile cărții". Fiecare „pagină" conține un număr de molecule așezate ca și cum ar forma rîndurile textului, toate avînd aceeași direcție. De la o pagină la alta direcția se schimbă, la prima vedere, haotic. În realitate unghiul cu care se modifică direcția este constant. Aranjamentul moleculelor este însă foarte sensibil la perturbații, mai ales la variații de temperatură, rezultînd în acest mod proprietăți extrem de interesante.

Un fascicul de lumină albă proiectat pe un cristal colesteric este separat în două componente: una care îl traversează și alta care se reflectă. Reflecția se face extrem de selectiv, într-o singură tentă de culoare, aproape pură.

Interesul pentru ele provine de la această proprietate dar și dintr-o „ciudățenie" și anume aceea după care culoarea se schimbă foarte ușor atunci cînd variază temperatura. Pentru o variație de 20—30 grade Celsius culoarea se schimbă traversînd tot curcubeul. Lungimea de undă a radiației care reprezintă culoarea scade odată cu creșterea temperaturii. Astfel, cînd e mai rece, culoarea apărută este un roșu aproape pur, pentru ca la o variație a temperaturii de cîteva grade

roșul să se schimbe în portocaliu, apoi în galben, ajungînd pentru circa 30° C pînă la albastru. Foarte „statornic", un anumit tip de cristal colesteric prezintă, fix la o anumită temperatură, întotdeauna aceeași culoare.

În sfîrșit, ultima categorie corespunde cristalelor de tip smectic descoperite de Lehmann și neinteresante pentru noi. Sînt vîscoase ca săpunurile alcaline, de unde și denumirea lor (în greacă „smegma" însemnînd săpun). Aceleași molecule alungite, în formă de țigară, sînt dispuse vertical, una lîngă alta. Straturi suprapuse de astfel de molecule pot aluneca unele peste altele fără ca să se amestece.

Rămînînd vreme îndelungată doar în atenția unui cerc restrîns de cercetători, cristalele lichide își încep de abia acum adevărata carieră. Deja li s-au găsit numeroase întrebuințări. În Japonia, de exemplu, s-a constatat că la o iluminare corespunzătoare a unei rețele de cristale lichide, apare la ieșire o tensiune care poate atinge valori destul de mari (chiar 500 mV pentru iluminări puternice). O matrice realizată cu asemenea cristale și un creion cu vîrf luminos rezolvă problema introducerii informației în calculator direct, fără ajutorul cartelelor.

În televiziune ele pot da viață visului specialiștilor de a construi televizorul extraplat, acesta putînd fi atîrnat pe perete asemenea unui tablou. În plus, tensiunile relativ mici (10—30 V), necesare alimentării dispozitivelor cu cristale lichide, înseamnă nu numai un consum de energie electrică extrem de redus, ci, tot atît de important ca și reducerea volumului, posibilitatea suprimării generatoarelor de înaltă tensiune, a transformatoarelor. Evident, tuburile electronice, aproape indispensabile în receptoarele actuale sînt eliminate complet, în locul lor apărînd omniprezentul tranzistor. Și nu trebuie să ne gîndim la tranzistorul zilelor noastre, cu cele trei picioruțe, ci la adevăratele complexe electronice așa cum sînt circuitele integrate care cuprind

într-un spațiu foarte mic un număr extrem de mare de componente electronice (diode, tranzistoare, rezistențe, condensatoare etc.). Mai mult, baleiajul ecranului de către un fascicul de electroni, atît de util, ba chiar de neînlocuit în televizoarele de astăzi, se dovedește și el inutil.

Pentru televizoarele în alb-negru, ecranul este înlocuit de o peliculă subțire de cristale lichide de tip nematic plasată între două rețele de electrozi asemănătoare sitelor obișnuite dar extrem de fine. Pentru a realiza un sistem de 625 de linii (deci pentru a asigura o finețe bună a imaginii), sînt necesare pe orizontală, 625 de fire metalice plasate unul lîngă altul. Un număr cît mai mare de asemenea fire plasate pe verticală, constituind coloanele, asigură obținerea unui număr oarecare de puncte de intersecție. Cu cît sînt mai multe asemenea puncte de intersecție, cu atît imaginea este mai bună. Aplicînd anumite potențiale între o linie și o coloană oarecare, mica zonă a cristalului nematic din dreptul punctului de intersecție devine opacă pentru razele de lumină incidente pe ecran din partea opusă și deci, prin reflecție, luminoasă. Gradul de luminozitate este controlat prin mărimea tensiunii aplicate punctului. Greutatea constă în a găsi mijloacele prin care să putem aplica aceste tensiuni la intervale atît de scurte unui număr atît de mare de conductoare și nu la voia întîmplării, ci selectiv, pentru a putea reproduce corect imaginea transmisă. Deja s-au găsit soluții, poate provizorii, în timp putînd apare altele mai bune. Una dintre acestea face apel la circuite de memorizare care să rețină semnalul un anumit interval de timp, insesizabil pentru ochi.

Cristalele colesterice ar putea reda televiziunii în culori atributul esențial al unui asemenea sistem. Ochiul nu ar mai fi „mințit" cu delicatețe așa cum se procedează în sistemele de televiziune în culori actuale, și n-ar putea oferi în același timp, o infinitate de nuanțe de culori. Faptul că se pot realiza ecrane cu diagonale

oricît de mari fără să fie afectată calitatea imaginii este iarăși un factor ce trebuie luat în considerare. Comparați, pentru edificare, imaginea oferită de cel mai modern televizor cu diagonala de 47 cm cu a unuia avînd diagonala de 65 cm. Contururile siluetelor apar zimțate, se văd clar liniile care formează imaginea. Explicația este simplă. Pentru acoperirea suprafeței mai mari a ecranului în condițiile descompunerii imaginii tot în 625 de linii, a fost necesară mărirea secțiunii fasciculului de electroni care bombardează ecranul. Ori, în cazul unui ecran extraplat se poate mări, proporțional cu suprafața sa, numărul de fire orizontale.

Să mai adăugăm acestor avantaje de necontestat unul deloc neglijabil: prețul. Chiar acum, cînd nu există o tehnologie pusă la punct, cînd cristalele lichide se obțin numai pentru uzul cercetătorilor, prețul unui m² de ecran extraplat este derizoriu în raport cu ecranul actual (în care au fost incluse și circuitele aferente tubului cinescop). Viitorul apropiat va aduce cu sine și acest lucru.

Ecranul magnetic

Se caută insistent soluția după care putem obține televizorul extraplat, fără tub catodic. Idei sînt nenumărate, unele din ele devenite chiar familiare, dar fără reușite deosebite. Din mulțimea lor, viitorul va alege pe cea mai convenabilă. S-ar putea ca ecranul magnetic imaginat de unul din părinții tranzistorului, americanul W. Shockley[1], să devină televizorul viitorului. Existența lui se bazează pe o descoperire datînd din 1970. În laboratoarele Bell Telephone, locul de unde

[1] SHOCKLEY, William (n. 1910), fizician american. Împreună cu W. H. Brattain și J. Bardeen a fundamentat teoria și tehnica tranzistorilor, pentru care a primit, în 1956, Premiul Nobel.

televiziunea și-a extras o parte însemnată a componentelor, profesorul Shockley împreună cu un grup de cercetători au descoperit așa-numitele „bule magnetice". Acestea sînt mici puncte magnetice, cu dimensiuni variind între 20 și 100 microni, evidențiate în ortoferite (oxizi de fier cu lantanide). Ele sînt magnetizate paralel, dar în sens opus magnetizării stratului în care iau naștere.

Se știe că într-un corp cristalin feromagnetic, toți atomii tind să-și orienteze momentele magnetice în același sens, asemănător firelor unei perii. În ortoferite apar bulele magnetice cu orientare inversă. Cercetătorii, conduși de Shockley, au descoperit că buclucașele bule magnetice sînt stabile, ba, mai mult, pot fi deplasate după voie.

Presupunem că avem o peliculă foarte fină de ortoferită, groasă de cîțiva zeci de microni căreia îi aplicăm un cîmp magnetic perpendicular. Apare în acest caz o singură bulă magnetică. Un impuls trecut printr-o buclă din apropierea peliculei generează apariția unei a doua bule care o alungă pe prima. Un nou impuls prin buclă și a doua bulă trebuie să facă loc noii venite, cea de a treia. Procesul se poate repeta la infinit. Care este însă itinerariul bulelor alungate? În prima etapă a cercetărilor nu putea fi vorba de așa ceva. Mișcarea bulelor era aproape dezordonată. Abia introducerea unor zone de permalloy extrem de mici a putut duce la crearea unor adevărate „stații" pentru bulele magnetice. Zonele de permalloy, constituind mici magneți permanenți, agață bulele care se mișcă în vecinătatea lor. Amplasînd punctele de agățare într-un mod convenabil (de exemplu o rețea pătratică) putem realiza deplasarea bulelor magnetice după linii sau coloane. Bulele sar cîte un pătrățel la fiecare impuls trimis pe firul care unește punctele de permalloy respective. Pentru un număr mare de bule trebuie o rețea de fire destul de complexă și relativ greu de realizat. Avantajul rapidității cu care se deplasează bula de la

un punct de agățare la altul (deplasarea se face într-un timp mai scurt de o milionime de secundă) nu compensează greutățile de realizare a structurii de fire care să lege punctele de permalloy între ele.

De aceea s-au imaginat modalități mai simple de manevrare a bulelor. Astfel, punctele de permalloy se fac în formă de *T* sau de triunghi. În primul caz se aplică un cîmp magnetic rotativ care transferă bulele de la un punct la altul iar în al doilea cîmpul magnetic aplicat trebuie să fie oscilant. Se elimină în acest mod rețeaua de fire, greu de realizat. Fenomenul poate fi utilizat în fabricarea memoriilor mobile, nedistructive, pentru calculatoare. În locul impulsurilor scurte, reprezentînd cifra binară 1, vom avea o bulă magnetică. Cifra binară 0, care nu poate lipsi, este reprezentată prin lipsa bulei (în memoriile actuale lipsa impulsului electric).

Ecranul extraplat devine realizabil datorită faptului că mișcarea acestor „spiriduși magnetici" este vizibilă. Un ecran de ortoferită cu 625 de linii și 1 000 de coloane, avînd în fiecare punct de intersecție cîte un punct de permalloy reprezentînd punctele de agățare, este iluminat de partea opusă în lumină polarizată. Pentru fiecare punct luminos trebuie introdusă o bulă magnetică. Dimensiunile ei trebuie să fie proporționale cu luminozitatea. Lipsa bulei într-un punct de ancorare oarecare va provoca apariția punctului negru. Introducem de 25 de ori pe secundă cîte un șir lung de bule de diferite mărimi. Cu adresă precisă ele vor ocupa punctele de agățare bine determinate, rezultînd astfel imaginea în mișcare. Deocamdată trebuie găsite metode de obținere a unor suprafețe mari și subțiri de ortoferite. Tehnica actuală de tăiere a cristalelor monolitice nu permite acest lucru. Perfecționarea tehnologiei de evaporare în vid sau epitaxia va face posibilă obținerea lor la un preț convenabil. În plus, transparența peliculelor de ortoferite este încă insuficientă pentru obținerea unei imagini acceptabile. Modificarea procentului de

lantanide din compoziția ortoferitelor are un efect pozitiv asupra transparenței peliculei.

Lantanidele sau pămînturile rare cum li se mai spune, deși nu sînt rare de loc, ci numai nu se găsesc în depozite mari formînd filoane sau zăcăminte, își fac simțită frecvența tot mai mult în televiziune. Astfel, o altă descoperire, ceramicile feroelectrice, prin adăugarea de lantanide, își îmbunătățesc foarte mult (de aproape 10 ori) coeficientul de contrast alb-negru. Dar ce sînt ceramicile feroelectrice și la ce se pot întrebuința?

Ceramicile feroelectrice sînt un amestec de pulberi de zirconat de plumb și titanat de plumb presat și copt sub presiune. Este tăiat cu ajutorul unor cuțite de diamant în plăci groase de 2—3 zecimi de milimetri. După o șlefuire a acestora (cît mai bine) pentru a obține transparența se aplică un sistem de electrozi de asemenea transparenți. Un cîmp electric exterior provoacă apariția birefringenței (dublă refracție a luminii care străbate materialul feroelectric astfel că obiectele privite printr-o placă transparentă apar cu contururi duble). Birefringența poate fi modificată prin varierea cîmpului electric aplicat. Se modifică în acest mod distanța dintre cele două raze care străbat materialul.

Aplicații largi i se întrevăd în televiziunea în culori. Astfel, iluminînd cu lumină polarizată (lumină albă, obișnuită, trecută printr-un polarizator, adică un cristal birefringent, cele două raze de la ieșire avînd vibrațiile electrice în plane perpendiculare) printr-o ceramică feroelectrică se obține în partea opusă a ceramicii un fascicul cu proprietăți deosebite. Culorile componente ale luminii polarizate au diverse direcții de vibrație. Amplasînd un nou dispozitiv de polarizare va rezulta la ieșire o lumină colorată, în una dintre culorile componente.

Modificînd tensiunea aplicată electrozilor plăcii de ceramică se poate schimba culoarea după dorință. Un ecran ar fi format dintr-o mulțime de mici zone

de ceramică feroelectrică. Presupunînd că pe linia numărul 300 a imaginii de transmis avem o succesiune de puncte colorate (roșu, alb, verde, alb etc.) pentru obținerea lor pe ecran trebuie să aplicăm elementelor de ceramică feroelectrică de pe linia 300 a ecranului tensiuni, de 60 V, 30 V, 50 V, 30 V etc. Avantajul unor asemenea ecrane nu este asigurat numai de puritatea culorilor ci și de tensiunile extrem de mici necesare alimentării unui asemenea televizor.

Dar, ca și în cazul celorlalte propuneri, există greutăți mai ales în distribuirea semnalului video pe linii și coloane. Inventarea unui dispozitiv ieftin, simplu, cu siguranță în funcționare mare, va aduce, poate, soluția întregii probleme a televizorului extraplat.

VI. ÎN LOC DE POSTFAȚĂ

Prognoze

„...Radioul a înfrînt distanțele prin capacitatea de a prinde emisiuni din orice punct al globului. Este rîndul televiziunii să devină de acces mondial. Tehnologia spațială va progresa atît de mult, încît va fi ușor să prindem emisiuni oricît de depărtate. Cîte încercări și cîte eforturi au fost necesare pentru a instala un cablu suboceanic! Acum, cîțiva sateliți cu locație fixă vor furniza punctele unui releu universal.

Televizorul de mîine va prevedea posibilitatea pentru spectator de a comunica cu surse de informații ca biblioteci, săli de lectură a presei, cinemateci și de a obține emisiuni la cerere. Vom răsfoi ziarul mișcînd imaginile succesiv. Se va putea obține reproducerea pe loc a paginii dorite pe un microfilm ce va fi citit pe îndelete la aparatul de lectură. Astăzi, aparatele prin care primim sau transmitem informații sînt risipite prin toată casa. În anul 2000 va exista consola informațională a familiei. Un complex de ecrane și aparate, de comenzi, de mijloace de fotografiere și de receptoare radio va grupa pe membrii familiei, în cea mai mare parte a zilei, pentru cele mai diferite funcțiuni. Va fi îmbulzeală la consolă: cineva va dori să-și comande de la bibliotecă o carte, care va apărea pe ecran; altcineva să plătească facturi electronice sau să comande alimente de la magazin; unul să asculte știri, copiii să-și facă lecțiile, în sfîrșit, cei mai sportivi să se pună în contact cu o expediție din Antarctica sau cu o comunitate planetară. Este de prevăzut că acest nou altar al penaților va avea mai multe ecrane și fotolii, va sta în mijlocul casei, care va cunoaște deci și o altă distribuție funcțională.

În timp ce consola va prezenta principiul unificator, micile aparate vor apăra individualismul. Tranzistorii vor furniza telefoane portabile de buzunar, ce vor menține contactul permanent cu centrul, fie el instituție sau familie".

MIRCEA MALIȚA
Cronica anului 2000

„Sateliții de comunicații leagă locuințele la o rețea mondială de informare, educație și distracție. Ecrane imense de televiziune ocupă întregul perete al salonului și transmit imagini tridimensionale în culori.

Facsimile tipărite ale oricărui subiect de știri apărut pe ecranul de televiziune pot fi obținute prin programarea unei cereri specifice în calculator. Videofoane asigură comunicația vizuală instantanee cu oricine și oriunde."

PHILIP EISENBERG
Viața în secolul XXI

„...Telecomunicațiile trebuie să asigure o formă de înaltă claritate a televiziunii în culori, asociată cu canale audio de înaltă calitate, astfel încît orice nuanță vizuală sau auditivă să fie transmisă fidel. Aruncînd o privire în viitorul și mai îndepărtat, nu va fi prea fantezist de imaginat că și alte simțuri vor fi imitate de la distanță."

JOHN DICKENS CLARKE
Descentralizare cu ajutorul telecomunicațiilor

„...Aparatele de radio sub formă de ceas brățară, alimentate de căldura corpului, aparatele de televiziune în culori portabile, aparatele de uz particular purtate dintr-o cameră în alta și atîrnate în perete ca un tablou au devenit subiecte obișnuite de discuție.

Oamenii vor căpăta probabil știrile fie pe un ecran de televiziune, fie pe un panou de perete sau pe un teleimprimator privat, sau pe o variantă oarecare, sau o combinație a acestor dispozitive. Ele vor putea fi obținute prin mijlocirea unui serviciu de abonamente de televiziune. „Cititorul" va forma un număr ca la telefon și va căpăta „pagina 1", ținînd-o cît timp are nevoie... și schimbînd-o înapoi și înainte, de la pagină la pagină, după dorință, sau va comanda ziarul din ultima săptămînă sau din ultimul an, sau, în sfîrșit, va citi „New York Times" aflîndu-se într-o localitate oarecare. Un abonat studios va putea verifica la cerere un citat din *Coriolan* al lui Shakespeare sau o notă din capitolul al XLVII-lea din Gibbon.

... Transmisia pe mai multe canale, în culori, va putea să se desfășoare în continuu în tot timpul zilei. Prin intermediul Euroviziunii și al sateliților de comunicații, și poate prin dispozitive mai noi, vor fi posibile reportaje instantanee la domiciliu din orice colț al globului și poate de dincolo de acesta".

GERALD BARRY
Comunicațiile de masă peste două decenii

AȘA VA FI, OARE?

CUPRINS

CUVÎNT ÎNAINTE 5

I. NU NUMAI ISTORIE

De la început pînă la telegraf 7
Imagini statice la distanță 10
Hazard și știință 16
Bunicul televiziunii 21
Vîrsta eroică a televiziunii 23
Strămoșul cinescopului 25
O invenție de Premiul Nobel 27
Dioda — un ventil electronic 34
Ce poate face un electrod în plus .. 39
Un profet neinspirat 45
Telescopia catodică 47
Sunete prin fir 49
Telegrafia fără fir 51
Trioda își dezvăluie calitățile 54
Încă o funcție pentru triodă 58
Familia tuburilor electronice se mărește 63
Superheterodina 65
Regina tuburilor — pentoda 72
Modulația 73
Televiziunea electronică 78
Un ochi electronic 80
Ce știți despre orticon? 83
Vedetă studiourilor de televiziune 86
Idee veche în formă nouă 89

Arhitectura semnalului de televiziune 92
Drumul imaginii pînă la noi..... 96

II. CUNOAŞTEŢI TELEVIZORUL?

Schema bloc 100
Antena de recepţie 102
Selectorul de canale 108
Amplificatorul de frecvenţă intermediară imagine-sunet 112
Detectorul de videofrecvenţă..... 114
Calea de sunet 116
Amplificatorul de videofrecvenţă .. 117
Dispozitivul de reglaj automat al amplificării 118
Etajul separator 120
Generatoarele de baleiaj 128
Tubul cinescop..... 140
Blocul de alimentare..... 145
Am învăţat să depanăm? 146

III. CULORI PE ECRAN

Se redescoperă ochiul..... 150
Amestecul culorilor..... 154
Despre compatibilitate 158
Puţină istorie..... 159
Ecuaţii şi întrebări 165
NTSC 169
Transmiterea semnalelor 173
PAL 178
SECAM 182
Receptor pentru *NTSC* 186
Tubul cinescop pentru receptoare color 192
Receptor pentru *PAL* 203
Receptor pentru *SECAM* 206
Caracteristicile principale ale sistemelor de TVC 208

IV. MAI PUŢIN CUNOSCUTE...

Argus modern 214
Micul ecran devine marele ecran.... 222

V. ÎNCOTRO, TELEVIZIUNE?

Televiziunea stereoscopică 227
Televizorul extraplat cu cristale lichide 229
Ecranul magnetic 234

VI. ÎN LOC DE POSTFAŢĂ

PROGNOZE 239

Bibliografie 255